

## 明 細 書

## 表示素子および表示装置

## 技術分野

- [0001] 本発明は、表示素子および表示装置に関するものであり、特に、低電圧、広温度範囲で駆動可能であり、かつ、広視野角性と高速応答性とを併せ持つ表示素子および表示装置に関するものである。

## 背景技術

- [0002] 液晶表示素子は、各種表示素子のなかでも薄型で軽量かつ消費電力が小さいといった利点を有している。このため、近年、液晶表示素子は、ワープロ、パーソナルコンピュータ等のOA (Office Automation) 機器、ビデオカメラ、デジタルカメラ、携帯電話等の情報端末等に備えられる表示装置に広く用いられている。特に、ネマティック液晶を用いた液晶表示素子は、時計や電卓等の数値セグメント型表示素子から始まり、近年では、省スペースかつ低消費電力という長所を活かして、ノートブックPC (personal computer)、デスクトップモニタ用ディスプレイとして広く普及している。
- [0003] また、近年では、CRT (Cathode Ray Tube) で独占されていたテレビ (TV) の市場においても、FPD (Flat Panel Display) の代表格としてLCD (Liquid Crystal Display) - TVは確固たる地位を築きつつある。
- [0004] 液晶表示素子の表示方式としては、従来、例えば、ネマティック液晶相の液晶表示モード (ネマティック液晶モード) である、ツイステッドネマティック (TN) モードや、位相差板で光学的に補償したTNモード、インプレーンスイッチング (IPS) モード、バーティカルアラインメント (VA) モード、光学補償ベンド (OCB) モード等が知られており、これら表示方式を用いた液晶表示装置の一部は既に商品化され、市場に出ている。
- [0005] しかしながら、上記したネマティック液晶モードは、何れも、バルクの液晶相における液晶分子の配向方向が変化することによって得られる、光学異方性を示す方向の変化を用いた表示方式となっている。つまり、これら表示方式では、液晶分子が一定方向に整列した状態にあり、液晶分子に対する角度によって見え方が異なるため、

見る角度、見る方位によって画質は全く同一とはならない。

- [0006] また、これら表示方式は、何れも、電界印加による液晶分子の回転を利用するものであり、液晶分子が整列したまま揃って回転するため、応答に時間を要する。従って、バルクの液晶相が応答するにはどうしても数十～数百ミリ秒程度の時間を要してしまい、数ミリ秒以下への更なる高速応答化は困難である。
- [0007] このため、これら液晶表示素子並びにこれら液晶表示素子を用いた液晶表示装置では、応答速度(応答特性)や視野角特性をさらに向上させることが望まれている。特に、LCD-TVをさらに普及させるためには、動画の表示に適した高速動画応答性能と、見る角度によって画像や画質が変化しない広視野角性能とを実現することが望まれている。
- [0008] ところが、ネマティック液晶モードにおいては基板界面の配向規制力を、液晶分子自体が有する自己配向性によってセル内部のバルク全体に伝播させ、バルク全体の液晶分子を配向させるようになっている。つまり、ネマティック液晶モードでは、液晶分子自体が有する自己配向性が伝播することによる長距離秩序(long-range-order)を用いて表示を行っている。
- [0009] しかしながら、液晶分子自体が有する自己配向性の伝播速度を向上させることは、本質的に限界がある。このため、ネマティック液晶表示モードを用いている限り、LCD-TVにおいて必須となる、高速応答性および広視野角性の実現は困難である。
- [0010] また、ネマティック液晶相の液晶表示モードの他に、ネマティック液晶相より秩序度が高いスメクティック液晶相において強誘電性が発現した強誘電性液晶(FLC)モード、もしくは反強誘電性液晶(AFLC)モードがある。これらの液晶表示モード(スメクティック液晶モード)は、本質的にマイクロ秒程度の非常に高速な応答特性を示す。しかしながら、耐衝撃性、温度特性等の課題が解決されておらず、実用化には至っていない。
- [0011] また、その他の液晶表示モードとしては、散乱状態と透明状態とをスイッチングさせる高分子分散型液晶(PDLC)モードがある。このPDLCモードは、偏光板が不要であり、高輝度表示が可能であるが、散乱状態と透明状態とのコントラスト差が低く、また、駆動電圧が高い等の課題があり、実用化されていない。

- [0012] 一方、電界印加によるバルクにおける液晶分子の回転を利用するこれらの表示モードに対して、2次の電気光学効果を利用した電子分極による表示方式が提案されている。
- [0013] 電気光学効果とは、物質の屈折率が外部電界によって変化する現象である。電気光学効果には、電界の1次に比例する効果と2次に比例する効果とがあり、それぞれポッケルス効果、カー効果と呼ばれている。特に、2次の電気光学効果であるカー効果は、高速の光シャッターへの応用が早くから進められており、特殊な計測機器において実用化されている。
- [0014] カー効果は、1875年にJ. Kerr (カー) によって発見されたものであり、これまでに、カー効果を示す材料としては、ニトロベンゼンや二硫化炭素等の有機液体が知られている。これら材料は、例えば、前記した光シャッター、光変調素子、光偏光素子、あるいは、電力ケーブル等の高電界強度測定等に利用されている。
- [0015] その後、液晶材料が大きなカー定数を有することが示され、光変調素子、光偏向素子、さらには光集積回路応用に向けての基礎検討が行われ、前記ニトロベンゼンの200倍を越えるカー定数を示す液晶化合物も報告されている。
- [0016] このような状況において、カー効果の表示装置への応用が検討され始めている。カー効果は、電界の2次に比例するため、電界の1次に比例するポッケルス効果と比較して、相対的に低電圧駆動を見込むことができる上、本質的に、数マイクロ秒～数ミリ秒の応答特性を示すため、高速応答表示装置への応用が期待される。
- [0017] ところで、カー効果を表示素子へ応用展開するにあたっての、実用上の大きな問題の一つは、従来の液晶表示素子と比較して駆動電圧が大きいことである。この問題に対して例えば日本国公開公報である特開2001-249363号公報(公開日2001年9月14日、以下、「特許文献1」と記す)では、ネガ型液晶性を有する分子を配向させる表示素子において、基板表面にあらかじめ配向処理を施しておき、カー効果が発現しやすいような状態を作り出す手法が提案されている。
- [0018] また、カー効果を表示素子に応用するにあたってのもう一つの大きな問題は従来の液晶表示素子と比較して温度範囲が狭いことである。この問題に対しては例えば日本国公開公報である特開平11-183937号公報(公開日1999年7月9日、対応米

国特許第6, 266, 109号、以下、「特許文献2」と記す)に、誘電率異方性が正の液晶材料(ポジ型)を用いて、この液晶材料を小領域に分割することでカー効果の温度依存性を解決するための技術が開示されている。

- [0019] 上記特許文献1には、基板上に配向膜を製膜してラビング等の配向処理を施すことで等方相中のカー定数を実効的に高くすることができ、結果として低電圧化が実現できることが記載されている。
- [0020] しかしながら、上記特許文献1には、使用している液晶材料の屈折率異方性( $\Delta n$ : 屈折率変化)および誘電率異方性( $\Delta \epsilon$ )については言及されておらず、上記液晶材料に上記屈折率異方性( $\Delta n$ )および誘電率異方性( $\Delta \epsilon$ )の絶対値が充分大きい材料を使用することは、全く記載されていない。
- [0021] このため、上記特許文献1に記載の方法によれば、上記配向膜に配向処理が施されたとしても、基板界面近傍の分子しか配向させることができず、カー効果が発現し易くなる範囲は、基板界面近傍の領域に限られる。従って、特許文献1の技術では、駆動電圧を僅かしか低減することはできず、低電圧化の効果は、実使用上、決して充分ではない。また、特許文献1の技術では、表示が可能となる温度範囲もピンポイントであって、表示装置として実用化するに至るレベルではない。
- [0022] 上記の問題は、特許文献1の技術では、液晶層を等方相(アイソトロピック相)において駆動させていることに起因している。
- [0023] つまり、従来のネマティック液晶モードを用いた液晶ディスプレイは、液晶相をネマティック相において駆動させている。ネマティック相においては、上記したように、基板界面に予め配向処理を施した配向膜がきっかけとなって、基板界面上の液晶分子の配向方向(極角、方位角)が規定され、それがセル内部方向に向かって液晶分子自体が有する自己配向能力に伴って伝播し、バルクの液晶層全体が一様に配向した状態でスイッチングされる。
- [0024] これに対し、特許文献1に開示されている技術は、ネマティック相の上の相、つまり、温度上昇させたときにネマティック相の次に呈する相である等方相(アイソトロピック相)において電界を印加し、電界強度の2次に比例する屈折率変化(カー効果)を発現させるものである。



- [0025] 液晶材料は、ネマティック相から温度を上げていくと、ある臨界温度(ネマティック-アイソトロピック相転移温度( $T_{ni}$ ))以上の温度で、等方相に相転移する。等方相においては、通常の液体と同じように、熱力学的揺らぎのファクター(運動エネルギー)が分子間に作用する力より大きく、分子は自由に移動・回転している。このような等方相中においては、液晶分子間に働く自己配向能力(分子間相互作用)は殆ど働かないので、基板界面に配向処理を施しても、その効果はセル内部にはあまり伝わらない。このため、多少の低電圧化は実現できても、ディスプレイとして実用化できるレベルにまでは至らない。さらに、前述の熱力学的揺らぎのファクター(運動エネルギー)は、温度が上昇すると著しく大きくなる。このため、カー効果を発現させるための電圧が著しく上昇する。
- [0026] 一方、特許文献2には、液晶材料の領域を特定の材料で小区域に分割することによって液晶のカー定数の温度依存性を抑制できること、さらに、液晶単体でのカー定数をほぼ維持できることが開示されている。
- [0027] しかしながら、特許文献2に開示されている液晶材料は誘電率異方性が正の液晶材料(ポジ型)に限定されている。また、表示素子の構成としても基板面内方向電界を印加するような櫛歯電極構造(横電界構造、Inter-digital electrode structure)が前提である。
- [0028] 上記特許文献2の実施例中には基板法線方向に電界(縦電界)を印加する構成も記載されているが、ポジ型液晶材料も用いていることには変わりなく、またこの場合、ポジ型液晶材料に色素を添加して偏光板無しの構成とする、いわゆる、ゲスト・ホスト型表示モードについての開示であり、本発明のように直交偏光板下(クロスニコル下)で光学的異方性を発現させて表示を得るモードとは根本的に全く異なるものである。
- [0029] また特許文献2に記載されているポジ型液晶材料を用いた櫛歯電極構成では、いわゆる、IPS(In-plane-switching)モードと同様に、画素内に配置された電極面積分、確実に開口率が低下する。また等方相液晶中にカー効果を発現させるための電圧を下げるためには櫛歯電極間隔を狭くするより他にないが、製造上の観点から櫛歯電極間隔は例えば $5\mu\text{m}$ 程度以下まで狭めることはほぼ不可能である。従って特許

文献2に開示の技術では、本質的に、実駆動電圧を従来のTFT(薄膜トランジスタ)素子やドライバで駆動可能な現実的な範囲内まで下げることが極めて困難である。

[0030] さらに駆動温度範囲を拡大するべく、特許文献2では上記のような液晶材料と電極構成からなる表示素子を高分子ネットワーク等で小領域に区分する技術が記されているが、高分子安定化する以前で駆動電圧が低下されていないものを高分子安定化すればより一層駆動電圧が上昇して、実用化からは程遠いものとなることは避けられない。

[0031] 本発明は、上記従来の問題点に鑑みなされたものであり、その目的は、応答速度が速く、駆動電圧が低く、かつ、広い温度範囲で駆動することができる表示素子並びに表示装置を提供することにある。

#### 発明の開示

[0032] 本発明の表示素子は、上記の課題を解決するために、対向する一対の基板と、上記一対の基板間に挟持された物質層、例えば誘電性物質層とを備え、上記一対の基板間に電界を印加することによって表示を行う表示素子であって、上記物質層は、ネマティック液晶相を示す液晶性媒質を含み、かつ、電界無印加時に光学的等方性を示し、電界の印加により光学的異方性を発現すると共に、上記ネマティック液晶相を示す液晶性媒質のネマティック相状態における、550nmでの屈折率異方性を $\Delta n$ とし、1kHzでの誘電率異方性の絶対値を $|\Delta \epsilon|$ とすると、 $\Delta n \times |\Delta \epsilon|$ が1.9以上であることを特徴としている。

[0033] また、上記表示素子は、上記両基板間、好適には上記一対の基板に対し、略垂直、より好適には垂直(つまり、基板面法線方向)に電界を発生させて上記物質層に電界を印加する電界印加手段を備えていることが好ましい。具体的には、上記表示素子において、上記両基板には、上記両基板間に電界を印加するための電極がそれぞれ形成されていることが好ましい。上記電極が、上記両基板にそれぞれ形成されていることで、上記一対の基板の基板間、つまり、上記一対の基板の基板面法線方向に電界を発生させることができる。そして、このように上記電極が上記一対の基板の基板面法線方向に電界を発生させることで、電極面積部分を犠牲にするようなことがなく、基板上の全領域を表示領域とすることが可能であり、開口率の向上、透過率

の向上、ひいては、駆動電圧の低電圧化を実現することができる。さらに上記の構成によれば、上記物質層における両基板との界面付近に限らず、両基板から離れた領域においても光学的異方性の発現を促進することができる。また、駆動電圧に関しても、櫛歯電極で電極間隔を狭ギャップ化する場合と比較して、狭ギャップ化が可能である。

- [0034] 本発明において、上記物質層、つまり、上記したように、ネマティック液晶相を示す液晶性媒質を含み、かつ、電界無印加時に光学的等方性を示し、電界の印加により光学的異方性を発現する層としては、誘電性物質からなる誘電性物質層が好適に用いられる。
- [0035] よって、本発明にかかる表示素子は、対向する一对の基板と、上記一对の基板間に挟持された誘電性物質層と、上記誘電性物質層に電界を印加するための電界印加手段とを備えた表示素子であって、上記電界印加手段は、上記一对の基板の基板面法線方向に電界を発生させ、上記誘電性物質層は、ネマティック液晶相を示す液晶性媒質を含み、かつ、電界無印加時に光学的等方性を示し、電界の印加により光学的異方性を発現すると共に、上記ネマティック液晶相を示す液晶性媒質のネマティック相状態における、550nmでの屈折率異方性を $\Delta n$ とし、1kHzでの誘電率異方性の絶対値を $|\Delta \epsilon|$ とすると、 $\Delta n \times |\Delta \epsilon|$ が1.9以上であることがより望ましい。
- [0036] このように電界無印加時には光学的等方性を示し、電界印加によって光学的異方性を発現する物質(媒質)、特に、電界印加によって分子の配向方向が変化することで光学的異方性を発現する物質(媒質)を用いて表示を行う表示素子は、本質的に高速応答特性および広視野角特性を有している。
- [0037] すなわち、本発明の表示素子では、電界の印加に伴って、電界無印加時と電界印加時とで屈折率楕円体の形状が変化することを利用することで、異なる表示状態を実現している。
- [0038] 物質中の屈折率は、一般には等方的ではなく、方向によって異なっており、この屈折率の異方性、つまり、上記物質の光学的異方性は、通常、屈折率楕円体にて示される。一般に、任意の方向に進行する光に対しては原点を通り、光波の進行方向に垂直な面が、屈折率楕円体の切り口と考えられ、この楕円の主軸方向が光波の偏光

の成分方向であり、主軸の長さの半分がその方向の屈折率に相当する。よって、このような屈折率楕円体にて光学的異方性を捉えれば、従来の液晶表示装置においては、電界印加時と電界無印加時とで、液晶分子の屈折率楕円体の形状(屈折率楕円体の切り口の形状)は楕円形のまま変化せず、その長軸方向の向きが変化(回転)することで異なる表示形態を実現していたのに対し、本発明では、電界無印加時と電界印加時とにおける、上記媒質を構成する分子の屈折率楕円体の形状(屈折率楕円体の切り口の形状)の変化を利用することで、異なる表示状態を実現するようになっている。

[0039] このように、従来の液晶表示素子は、電界印加に伴う液晶分子の回転による配向方向の変化のみを利用して表示を行うものであり、液晶分子が一定方向に整列した状態で、揃って回転するため、液晶固有の粘度が応答速度に大きく影響していた。これに対して、本発明のように電界印加によって光学的異方性を発現する媒質を用いて表示を行う表示素子においては、従来の液晶表示素子のように、液晶固有の粘度が応答速度に大きく影響するといった問題がないので、高速応答を実現することができる。また、本発明のように電界印加によって光学的異方性を発現する媒質を用いて表示を行う表示素子は、高速応答性を備えているので、例えば、フィールドシーケンシャルカラー方式の表示装置に利用することもできる。

[0040] また、従来の液晶表示素子では、駆動温度範囲が液晶相の相転移点近傍の温度に制限され、極めて高精度な温度制御が必要であるという問題があった。これに対して、本発明のように電界印加によって光学的異方性を発現する媒質を用いて表示を行う表示素子は、上記媒質を、電界印加によって光学的異方性の程度が変化する状態となる温度に保つだけでよいので、温度制御を容易にすることができる。

[0041] また、本発明のように電界印加によって光学的異方性を発現する媒質を用いて表示を行う表示素子は、表示に、媒質における光学的異方性の程度の変化を用いているので、液晶分子の配向方向を変化させて表示を行う従来の液晶表示素子よりも、広視野角特性を実現することができる。

[0042] しかしながら、このような表示素子は、上記効果を有する一方で、従来、駆動電圧が非常に高いという問題点を有している。

- [0043] これに対し、本発明によれば、上記物質層（具体的には誘電性物質層）における液晶性媒質の屈折率異方性  $\Delta n$  と誘電率異方性の絶対値  $|\Delta \epsilon|$  との積が十分大きいので、上記高速応答特性および広視野角特性を示すのみならず、電界（電圧）印加時に、より低い電圧で効果的に光学的異方性を発現させることができると同時に、広温度範囲化を実現することができる。
- [0044] 例えば前記特許文献2のように基板面内方向に電界を印加する櫛歯電極構造を有するセルは、誘電率異方性  $\Delta \epsilon$  が正の液晶性媒質を用いることが前提となるが、櫛歯電極上は表示に使用することができないので、その分の開口率が低下し、高透過率を得ることは困難である。また、数  $\mu m$  程度にまで狭ギャップ化することは困難となる。
- [0045] これに対し、本発明では、上記一对の基板間に電界を印加することによって表示を行うこと、具体的には、上記電界印加手段が、上記一对の基板の基板面法線方向に電界を発生させるように配設されていることで、電極面積部分を犠牲にするようなことがなく、基板上の全領域を表示領域とすることが可能であり、開口率の向上、透過率の向上、ひいては、駆動電圧の低電圧化を実現することができる。さらに上記の構成によれば、上記誘電性物質層における両基板との界面付近に限らず、両基板から離れた領域においても光学的異方性の発現を促進することができる。また、駆動電圧に関しても、櫛歯電極で電極間隔を狭ギャップ化する場合と比較して、狭ギャップ化が可能である。
- [0046] 本願発明者等が検討した結果、本発明にかかる表示素子は、温度上昇させたときにネマティック相の次に呈する相である等方相で駆動を行うが、電界（電圧）印加時には、上記液晶性媒質がネマティック相において有している屈折率異方性  $\Delta n$  と誘電率異方性  $\Delta \epsilon$  とに起因した特性が顕在化することが判明した。
- [0047] 十分に高い電圧印加時には、最大で、ネマティック相において、上記液晶性媒質における分子が有する固有の屈折率異方性  $\Delta n$  に相当する光学的異方性を発現させることができ、光の利用効率に優れた表示素子を得ることが可能となる。
- [0048] よって、より低い電圧で光学的異方性を発現させるためには、1分子当たりの屈折率異方性  $\Delta n$  が大きい方が、発現する位相差（リターデーション）が大きくなり、また、

誘電率異方性  $\Delta \epsilon$  の絶対値に関しても、大きい方がより低い電圧で上記分子を電界方向と垂直な方向に配向させることが可能となり、低電圧化に寄与する。

[0049] 上記液晶性媒質に、上記  $\Delta n \times |\Delta \epsilon|$  が1.9以上の液晶性媒質を使用すると、当該表示素子の駆動電圧として、上記物質層、例えば誘電性物質層に印加することができる最大限の電圧値の実効値を、製造上可能なセル厚(つまり、物質層(誘電性物質層)の厚み)で達成することができる。

[0050] また、本発明の表示装置は、上記の課題を解決するために、上記した本発明にかかる表示素子を備えていることを特徴としている。

[0051] 上記の構成によれば、本発明の表示装置が上記した本発明にかかる表示素子を備えていることで、表示のために必要な駆動電圧を低電圧化した、広い温度範囲で駆動することができる表示装置を実現することができる。それゆえ、上記の構成によれば、応答速度が速く、駆動電圧が低く、かつ、広い温度範囲で駆動することができる表示装置を実現することができる。

[0052] 本発明のさらに他の目的、特徴、および優れた点は、以下に示す記載によって十分わかるであろう。また、本発明の利益は、添付図面を参照した次の説明で明白になるであろう。

#### 図面の簡単な説明

[0053] [図1]本発明の実施の一形態にかかる液晶材料と比較用液晶材料とをそれぞれ透明平板電極セルに封入して測定した電圧－透過率特性から見積もった、透過率が最大となる電圧値( $V_{100}$  (V))と、屈折率異方性  $\Delta n$  と誘電率異方性  $\Delta \epsilon$  の絶対値との積( $\Delta n \times |\Delta \epsilon|$ )との関係を示すグラフである。

[図2]本発明の実施の一形態にかかる表示素子の概略構成を示す断面模式図である。

[図3]本発明の実施の一形態にかかる表示素子を用いる表示装置の要部の概略構成を示すブロック図である。

[図4]図3に示す表示装置に用いられる表示素子の周辺の概略構成を示す模式図である。

[図5]本発明の実施の一形態にかかる表示素子における、配向膜の配向処理方向と

、偏光板の吸収軸方向と、電界印加方向との関係を示す説明図である。

[図6(a)]図2に示す表示素子における電界印加時の一液晶分子の配向状態を示す模式図である。

[図6(b)]図6(a)に示す、電界印加時における一液晶分子の屈折率楕円体の形状を示す模式図である。

[図7]本発明の一実施形態にかかる表示素子の電圧－透過率特性を示すグラフである。

[図8(a)]本発明の一実施形態にかかる表示素子における、電界無印加時の液晶分子の配向状態を示す断面模式図である。

[図8(b)]図8(a)に示す表示素子における、電界印加時の液晶分子の配向状態を示す断面模式図である。

[図9]本発明の実施の一形態にかかる表示素子の他の概略構成を示す断面模式図である。

[図10(a)]本発明の実施の一形態にかかる表示素子のさらに他の概略構成を示す断面模式図であって、上記表示素子における、電界無印加時の液晶分子の配向状態を模式的に示す断面模式図である。

[図10(b)]本発明の実施の一形態にかかる表示素子のさらに他の概略構成を示す断面模式図であって、図10(a)に示す表示素子における、電界印加時の液晶分子の配向状態を模式的に示す断面模式図である。

[図11]本発明の実施の一形態にかかる表示素子のさらに他の概略構成を示す断面模式図である。

[図12]図11に示す表示素子における、配向膜の配向処理方向と、偏光板の吸収軸方向と、電界印加方向との関係を示す説明図である。

[図13]本発明の実施の一形態にかかる表示素子のさらに他の概略構成を示す断面模式図である。

[図14]図13に示す表示素子における、偏光板の吸収軸方向と、電界印加方向との関係を示す説明図である。

[図15]本発明の実施の一形態にかかる表示素子のさらに他の概略構成を示す断面

模式図である。

[図16(a)]本発明の実施の一形態にかかる表示素子のさらに他の概略構成を示す断面模式図であって、上記表示素子における、電界無印加時の液晶分子の配向状態を模式的に示す断面模式図である。

[図16(b)]本発明の実施の一形態にかかる表示素子のさらに他の概略構成を示す断面模式図であって、図16(a)に示す表示素子における、電界印加時の液晶分子の配向状態を模式的に示す断面模式図である。

### 発明を実施するための最良の形態

[0054] 本発明の実施の一形態について図1～図16(a)・図16(b)に基づいて説明すれば、以下の通りである。

[0055] 図2は、本発明の実施の一形態にかかる表示素子の概略構成を示す断面模式図であり、図3は、本発明の実施の一形態にかかる表示素子を用いる表示装置の要部の概略構成を示すブロック図である。また、図4は、図3に示す表示装置に用いられる表示素子の周辺の概略構成を示す模式図である。

[0056] 本実施の形態にかかる表示素子は、駆動回路や信号線(データ信号線)、走査線(走査信号線)、スイッチング素子等とともに表示装置に配されて用いられる。

[0057] 図3に示すように、本実施の形態にかかる表示装置100は、画素10…がマトリクス状に配された表示パネル102と、駆動回路としてのソースドライバ103およびゲートドライバ104と、電源回路106等とを備えている。

[0058] 上記各画素10には、図4に示すように、本実施の形態にかかる後述する表示素子20およびスイッチング素子21が設けられている。

[0059] また、上記表示パネル102には、複数のデータ信号線SL1～SLn(nは2以上の任意の整数を示す)と、各データ信号線SL1～SLnにそれぞれ交差する複数の走査信号線GL1～GLm(mは2以上の任意の整数を示す)とが設けられ、これらデータ信号線SL1～SLnおよび走査信号線GL1～GLmの組み合わせ毎に、上記画素10…が設けられている。

[0060] 上記電源回路106は、上記ソースドライバ103およびゲートドライバ104に、上記表示パネル102にて表示を行うための電圧を供給し、これにより、上記ソースドライバ1



03は、上記表示パネル102のデータ信号線SL1～SLnを駆動し、ゲートドライバ104は、表示パネル102の走査信号線GL1～GLmを駆動する。

[0061] 上記スイッチング素子21としては、例えばFET(電界効果型トランジスタ)素子あるいはTFT(薄膜トランジスタ)素子等が用いられ、上記スイッチング素子21のゲート電極22が走査信号線GLiに、ソース電極23がデータ信号線SLiに、さらに、ドレイン電極24が、表示素子20に接続されている。また、表示素子20の他端は、全画素10…に共通の図示しない共通電極線に接続されている。これにより、上記各画素10において、走査信号線GLi(iは1以上の任意の整数を示す)が選択されると、スイッチング素子21が導通し、図示しないコントローラから入力される表示データ信号に基づいて決定される信号電圧が、ソースドライバ103によりデータ信号線SLi(iは1以上の任意の整数を示す)を介して表示素子20に印加される。表示素子20は上記走査信号線GLiの選択期間が終了してスイッチング素子21が遮断されている間、理想的には、遮断時の電圧を保持し続ける。

[0062] 本実施の形態において、上記表示素子20は、電界(電圧)無印加時には光学的等方性(等方性とは具体的には、巨視的、具体的には、可視光波長領域、つまり、可視光の波長スケール、もしくは、それよりも大きなスケールで見て等方であればよい)を示し、電界(電圧)の印加により、主に電子分極や配向分極等により、光学的異方性が発現(特に、電界印加により複屈折が上昇することが望ましい)する媒質11(物質(誘電性物質)、図2参照)を用いて表示を行うようになっている。本実施の形態にかかる表示素子20の構成について、図2を参照して以下に詳細に説明する。

[0063] 図2に示すように、本実施の形態にかかる表示素子20は、少なくとも一方が透明な、対向する一对の基板13・14(電極基板)間に、光学変調層である誘電性物質層(誘電性液体層、物質層)3が挟持されている構成を有している。上記基板13・14は、図2に示すように、例えばガラス基板等の透明な基板1・2(透明基板)をそれぞれ備え、これら基板1・2上に、誘電性物質層3に電界を印加するための電界印加手段である電極4・5、配向補助材Lとしての配向膜8・9が、それぞれ備えられている構成を有している。上記電極4・5は、上記基板1・2における互いの対向面(内側)に配置されている。また、配向膜8・9は、上記電極4・5の内側にそれぞれ備えられている。ま

た、基板1・2における、互いの対向面とは反対側の面(外側)には、それぞれ偏光板6・7が備えられている。

- [0064] 本実施の形態において、上記表示素子20における基板13・14間の間隔、すなわち誘電性物質層3の厚みd(図8(a)参照)は $1.3\mu\text{m}$ とした。また、電極4・5には、ITO(インジウム錫酸化物)からなる透明電極を用いた。配向膜8・9には、JSR株式会社製のポリイミド「JALS-1048」(商品名)からなる水平配向膜を使用した。
- [0065] 図5は、配向膜8の配向処理方向Aおよび配向膜9の配向処理方向Bと、偏光板6・7の吸収軸方向と、電極4・5への電界印加方向との関係を示している。上記電極4・5は、図2および図5に示すように、上記基板1・2の基板面法線方向に電界を発生させるように配設されている。また、配向膜8・9は、図2および図5に示すように、互いの配向処理方向A・Bが例えばアンチパラレル(逆平行、つまり反平行(平行かつ向きが反対))となるように、基板1・2の基板面に水平にラビング処理(水平ラビング処理)または光照射処理(好適には偏光光照射処理)等の配向処理が施されている。また、偏光板6・7は、図5に示すように、互いの吸収軸6a・7aが直交するとともに、偏光板6・7の吸収軸6a・7aと配向膜8・9の配向処理方向A・Bとが、互いに45度の角度をなすように配置されている。
- [0066] 上記表示素子20は、上記基板13と基板14とを、図示しないシール材により、必要に応じて、例えば図示しないプラスチックビーズやガラスファイバースペース等のスペーサを介して貼り合わせ、その空隙に、媒質11を封入することにより形成される。
- [0067] 具体的には、先ず、図2に示すように、基板1および基板2の表面に、電極4および電極5をそれぞれ形成する。なお、上記電極4・5の形成方法としては、従来の液晶表示素子に適用される方法と同様の方法を用いることができる。
- [0068] 次に、配向膜8を、基板1上に、上記電極4を覆うように形成する。また、配向膜9を、基板2上に、上記電極5を覆うように形成する。なお、配向膜8・9には、ラビング処理または光照射処理(偏光光照射処理)等の配向処理を施しておく。このとき、配向膜8・9の配向処理方向(配向規制力方向)、例えばラビング方向または光照射方向(偏光光照射方向)は、互いに、平行、反平行、直交の何れかの関係を有するようにする。上記ラビング処理としては、従来常用の方法を使用することができる。また、上記

光照射処理(偏光光照射処理)においては、例えば、上記配向膜8・9表面に、照射光、好適には偏光が、互いに、平行、反平行、または直交するように紫外光照射(偏光紫外光照射)を行って上記した方向に配向規制力を発現させればよい。本実施の形態のように配向膜8・9が水平配向膜である場合、上記光照射処理としては、よりラビング処理に近い配向処理を行うことができることから、偏光光照射処理を行うことが有効である。

- [0069] 次に、上記配向膜8・9が形成された基板13・14(電極基板)を、プラスチックビーズ等のスペーサ(図示せず)を介して、両者の間隔(誘電性物質層3の厚さ)が $1.3\mu\text{m}$ となるように調整し、図示しないシール材により上記基板13・14の周囲を封じて固定する。この際、後に注入する媒質11(誘電性物質(誘電性液体))の注入口(図示せず)となる部分は封止せずに開口させておく。なお、スペーサおよびシール材の材質は特に限定されるものではなく、従来の液晶表示素子に用いられているものをを用いることができる。
- [0070] このようにして基板13・14を貼り合わせた後、上記基板13・14間に、前記した媒質11を注入することにより、該媒質11からなる、もしくは、該媒質11を含む、誘電性物質層3を形成する。
- [0071] 偏光板6・7は、基板13・14を貼り合わせ、その間隙に上記媒質11を注入し、上記注入口を封止してセルを完成させた後に、セルの外側から貼付を行う。このとき、これから偏光板6・7は、吸収軸6a・7aが互いに直交するとともに、偏光板6・7の吸収軸6a・7aが配向膜8・9の配向処理方向A・Bと45度の角度をなすように貼り合わされる。
- [0072] なお、上記配向処理として紫外光照射(偏光紫外光照射)等の光照射処理を行う場合には、基板13・14に所望の方向から紫外光照射等を行い、その照射方向同士が、平行、反平行、および、直交の何れかとなるように貼り合わせ、その間隙に上記媒質11を注入し、上記注入口を封止してセルを完成させた後、該セルの外側から上記偏光板6・7の貼付を行う。
- [0073] 本実施の形態にかかる表示素子20に用いられる誘電性物質層3は、上記媒質11(誘電性物質)として、ネマティック液晶相を示す液晶性媒質を含んでいる。本実施の形態では、上記液晶性媒質に、誘電率異方性( $\Delta\epsilon$ )が負である(つまり、 $\Delta\epsilon$ が負

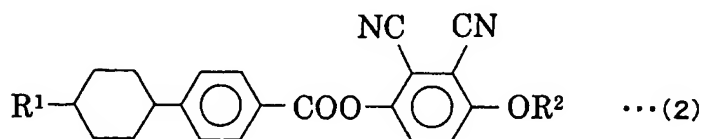
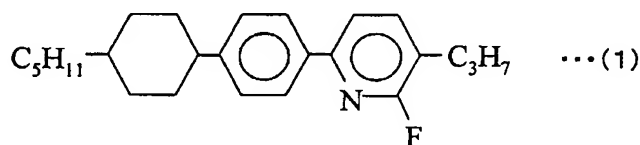
の値を示す)ネガ型液晶性混合物(ネガ型液晶材料)を使用するものとする。なお、図2中、媒質11を構成するネガ型液晶性混合物の1液晶分子(1液晶性分子)を、各々、液晶分子12にて示す。

[0074] ネガ型液晶材料、つまり、誘電率異方性が負の液晶材料(液晶性媒質)とは、低温にすると、例えばスメクティック相や本実施の形態のようにネマティック相といった液晶相が出現する液晶性化合物からなる材料(媒質)であり、分子長軸方向の誘電率が分子短軸方向の誘電率よりも小さい(分子長軸方向の誘電率<分子短軸方向の誘電率)棒状分子からなる材料(媒質)である。

[0075] このような液晶材料(液晶性媒質)に電界を印加すると、個々の分子は、図2に示すように基板面内方向(すなわち基板1・2面に平行な方向)を向こうとして配向状態が変化し、光学変調を誘起させることができる。このため、上記したように誘電率異方性( $\Delta \epsilon$ )が負の液晶性媒質を用いると、櫛歯状電極で基板面内電界を発生させる構成と異なり、電界印加時に光学的異方性の発現を、開口率のロスなく、より効率的に光学的異方性を発現させることが可能になる。

[0076] 上記ネガ型液晶性混合物は、例えば下記構造式(1)および(2)

[0077] [化1]



で示される液晶材料の混合化合物(以下、液晶材料(1)と記す)等で実現することができる。なお、構造式(2)中、 $\text{R}^1$ および $\text{R}^2$ はそれぞれ独立して炭素数1~7のアルキル基を示す。

[0078] 本願発明者等が鋭意検討した結果、本願発明者等は、上記誘電性物質層3が、上

記したようにネマティック液晶相を示す媒質11(すなわち、ネマティック液晶相を示す液晶性媒質からなる、もしくは、上記ネマティック液晶相を示す液晶性媒質を含む媒質11)を含み、電界無印加時に光学的等方性(等方相)を示し、電界を印加することによって光学的異方性を発現させるとともに、上記ネマティック液晶相を示す液晶性媒質のネマティック相状態における屈折率異方性( $\Delta n$ )と誘電率異方性( $\Delta \epsilon$ )の絶対値( $|\Delta \epsilon|$ )とを適当な範囲内に設定することで、低い電圧で効率良く電界印加時の光学的異方性を発現させることができると同時に、広温度範囲化が実現され、高速応答性を有する表示素子の実用化への道が大きく開けることを見出した。

- [0079] 図6(a)は、図2に示す表示素子20における電界印加時の一液晶分子(液晶分子12)の配向状態を示す模式図であり、上記液晶分子12が、矢印Cで示す電界印加方向に垂直な、基板1・2における基板面内方向に配向している状態を示している。また、図6(b)は、図6(a)に示す、電界印加時における一液晶分子(液晶分子12)の屈折率楕円体(屈折率楕円体12a)の形状を示す模式図である。上記屈折率楕円体12aの形状は、原点を通り、光波の進行方向に垂直な面を切り口とする、屈折率楕円体12a(楕円)の切り口の形状にて示され、楕円の主軸方向が光波の偏光の成分方向であり、主軸の長さの半分がその方向の屈折率に相当する。
- [0080] 本実施の形態において媒質11は、上記したように電界無印加時に光学的に概ね等方(可視光以上のスケールでの配向秩序度がほぼゼロ)、つまり、光学的等方性(等方相)を示し、電界を印加することによって光学的異方性を発現(光学変調を誘起)させる。このため、電界無印加時における屈折率楕円体の形状は球状、すなわち、光学的に等方(配向秩序度=0)であり、電界を印加することによって異方性(可視光波長以上のスケールでの配向秩序度>0)が発現するようになっている。
- [0081] そこで、図6(a)に示すように電界方向Cに垂直な方向の屈折率によって示される、光学異方性の発現による、図6(b)に示す電界印加時の楕円の主軸方向(すなわち、光波の偏光の成分方向)の屈折率、つまり、上記液晶分子12の屈折率楕円体12aの長軸方向における屈折率(異常光屈折率)を $n_e$ 、上記楕円の主軸方向に垂直な方向の屈折率、つまり、上記液晶分子12の屈折率楕円体12aの短軸方向における屈折率(常光屈折率)を $n_o$ とすると、上記屈折率異方性( $\Delta n$ )(複屈折変化)は、 $\Delta n$

$=n_e - n_o$ で表される。

- [0082] すなわち、本発明において、上記屈折率異方性( $\Delta n$ )は、 $\Delta n = n_e - n_o$ ( $n_e$ :異常光屈折率、 $n_o$ :常光屈折率)で示される複屈折変化を示す。なお、本発明は、上記屈折率異方性が増加するのに対し、従来の液晶表示装置は、上記屈折率異方性は変化しない。
- [0083] また、上記電界印加時の屈折率楕円体12aの長軸方向は、誘電異方性が負の媒質を用いる場合、電界方向に対して垂直(なお、誘電異方性が正の媒質の場合は平行)となるが、従来の液晶表示素子では、電界印加によって屈折率楕円体の長軸方向を回転させて表示を行うので、屈折率楕円体の長軸方向は、電界方向に対して常に平行または垂直になるとは限らない。
- [0084] つまり、誘電性物質の誘電異方性が負(ネガ型液晶)の場合、全ての電圧値において、屈折率楕円体12aの長軸方向は電界方向に垂直(直交状態)になり、誘電異方性が正(ポジ型液晶)の場合、全ての電圧値において、屈折率楕円体12aの長軸方向は電界方向に平行になる。本実施の形態において、電界方向と屈折率楕円体12aの主軸方向の少なくとも一つとは、常に平行もしくは直交である。なお、本実施の形態において、可視光波長以上のスケールでの配向秩序度がほぼゼロ(配向秩序度が殆ど無い)というのは、可視光より小さいスケールで見た場合には、液晶分子12等が、ある方向に並んでいる割合が多い(配向秩序がある)が、可視光以上のスケールで見ると、配向方向が平均化されていて配向秩序が無いことを意味している。すなわち、配向秩序度が可視光波長域、及び、可視光波長域より大きい波長の光に対して何ら影響を与えない程度に小さいことを示す。例えば、クロスニコル下で黒表示を実現している状態を示す。一方、本実施の形態において、可視光波長以上のスケールでの配向秩序度 $>0$ とは、可視光波長以上のスケールでの配向秩序度が、ほぼゼロの状態よりも大きいことを示し、例えば、クロスニコル下で白表示を実現している状態を示す(この場合、階調表示であるグレーも含まれる)。
- [0085] このように、本実施の形態にかかる表示素子20は、光学的異方性の方向は一定(電界印加方向は変化しない)で例えば可視光波長以上のスケールでの配向秩序度を変調させることによって表示を行うものであり、媒質11そのものの光学的異方性(例

えば可視光波長以上のスケールにおける配向秩序)の程度を変化させている。したがって、従来の液晶表示素子とは表示原理が大きく異なっている。

- [0086] なお、本発明において、電界の印加により媒質の光学的異方性の程度が変化するのは、電界の印加に伴って屈折率楕円体12aの形状が変化することを示し、上記したように電界無印加時に光学的等方性を示し、電界を印加することによって光学的異方性の程度が変化する場合、つまり、電界を印加することによって光学的異方性が発現する場合、屈折率楕円体12aの形状は、電界の印加により、球状から楕円に変化する。
- [0087] また、本実施の形態にかかる表示素子20では、光学的等方性を示す構造に生じる歪、すなわち、媒質11における光学的異方性の程度の変化を用いて表示を行うので、液晶分子の配向方向を変化させて表示を行う従来の表示方式の液晶表示素子よりも、広視野角特性を実現できる。さらに、本実施の形態にかかる表示素子20では、複屈折が発生する方向が一定であり、光軸方向が変化しないため、液晶分子の配向方向を変化させて表示を行う従来の液晶表示素子よりも、より広い視野角特性を実現できる。
- [0088] また、本実施の形態にかかる表示素子20では、微小領域の構造の歪によって発現する異方性を用いて表示を行っている。このため、従来方式の表示原理のように、液晶固有の粘度が応答速度に大きく影響するといった問題がなく、1ms程度の高速応答を実現することができる。すなわち、従来方式の表示原理では、電界印加に伴う液晶分子の回転による配向方向の変化のみを利用して表示を行うものであり、液晶分子が一定方向に整列した状態で、揃って回転するため、液晶固有の粘度が応答速度に大きく影響していたが、本実施の形態にかかる表示素子20では、微小領域の構造の歪を利用するため、液晶固有の粘度の影響が小さく、高速応答を実現することができる。
- [0089] 本実施の形態にかかる表示素子20は、上記した表示方式を利用することから、高速応答性を備えているので、例えば、フィールドシーケンシャルカラー方式の表示装置に利用することもできる。
- [0090] また、従来の液晶表示素子では、駆動温度範囲が液晶相の相転移点近傍の温度

に制限され、極めて高精度な温度制御が必要であるという問題があった。これに対し、本実施の形態にかかる表示素子20によれば、上記媒質11を、電界印加によって光学的異方性の程度が変化する状態となる温度に保つだけでよいので、温度制御を容易にすることができる。

- [0091] 本実施の形態において、上記屈折率異方性  $\Delta n$  は、アッベ屈折計(アタゴ製「4T(商品名)」)を使用し、波長550nmにて測定した。
- [0092] また、本発明において、誘電率異方性( $\Delta \epsilon$ )とは、誘電率の異方性を示し、上記液晶分子12の長軸方向における誘電率を  $\epsilon_e$ 、上記液晶分子12の短軸方向における誘電率を  $\epsilon_o$  とすると、上記誘電率異方性( $\Delta \epsilon$ )(誘電率変化)は、 $\Delta \epsilon = \epsilon_e - \epsilon_o$  で表される値である。
- [0093] 上記誘電率異方性  $\Delta \epsilon$  は、インピーダンスアナライザー(東陽テクニカ社製「SI1260(商品名)」)を使用し、周波数1kHzにて測定した。
- [0094] なお、ネマティック相においては、ネマティック-アイソトロピック相転移温度( $T_{ni}$ )に極めて近い温度を除いて(つまり、安定してネマティック相を示す温度においては)、上記屈折率異方性( $\Delta n$ )および誘電率異方性( $\Delta \epsilon$ )等の物性値は、温度に対して比較的フラットな特性を示す。つまり、温度への依存性はあまり大きくない。よって、本実施の形態において、上記屈折率異方性( $\Delta n$ )および誘電率異方性( $\Delta \epsilon$ )の測定温度  $T_k$  は、上記媒質11、つまり、ネマティック液晶相を示す液晶性媒質がネマティック相状態を示す温度であれば、特に限定されるものではないが、 $T_k = 0.5T_{ni} \sim 0.95T_{ni}$  (つまり、 $T_{ni}$  の0.5~0.95倍)の温度範囲内(単位:K)であることが好ましい。
- [0095] 本実施の形態において、前記構造式(1)で示される化合物( $T_{ni} = 62^\circ\text{C}$ )の屈折率異方性  $\Delta n$  (測定波長550nm、測定温度  $25^\circ\text{C}$  ( $0.89T_{ni}$ ))は0.155、誘電率異方性  $\Delta \epsilon$  (測定周波数1kHz、測定温度  $25^\circ\text{C}$  ( $0.89T_{ni}$ ))は-4.0、同条件における前記構造式(2)で示される化合物の誘電率異方性  $\Delta \epsilon$  は-18であり、同条件における上記ネガ型液晶性混合物(ネガ型液晶材料)、すなわち上記液晶材料(1)のネマティック相状態での屈折率異方性  $\Delta n$  は0.14、誘電率異方性  $\Delta \epsilon$  は-14である。つまり、本実施の形態では、上記液晶材料(1)として、ネマティック相状態での上記屈折率異方性  $\Delta n$  が0.14、誘電率異方性  $\Delta \epsilon$  が-14となる組み合わせにて前記



構造式(1)および(2)で示される化合物が配合されてなるネガ型液晶性混合物(液晶材料(1))を使用した。

- [0096] このようにして得られた上記表示素子20を外部加温装置により、上記液晶材料(1)のネマティック-アイソトロピック相転移温度( $T_{ni}$ )の直上近傍の温度( $T_{ni}$ よりも僅かに高い温度 $T_e$ 、例えば $T_e = T_{ni} + 0.1K$ )に保ち、前記電極4・5間に電界(電圧)を印加して電気光学特性、ここでは電圧-透過率特性(V-T特性)の実測を行った。なお、この結果を図7に示す。なお、図7中、縦軸は透過率(任意単位(a. u.))を示し、横軸は電圧(V)を示す。
- [0097] 図7に示すように、本実施の形態にかかる上記表示素子20は、比較的低い電圧(24V程度)でほぼ最大透過率に到達しており、前記したネガ型液晶性混合物(液晶材料(1))を用いると低電圧駆動が実現されていることが判る。
- [0098] この理由としては、次のように考えられる。前記したように、前記構造式(1)および(2)で示される化合物からなるネガ型液晶性混合物(液晶材料(1))は、前記したようにネマティック相状態での屈折率異方性を $\Delta n$ とし、同じくネマティック相状態での誘電率異方性を $\Delta \epsilon$ とすると、ネマティック相状態での屈折率異方性 $\Delta n$ が0.14、同じくネマティック相状態での誘電率異方性 $\Delta \epsilon$ が-14と比較的大きい。
- [0099] 本願発明者等が検討した結果、本実施の形態にかかる表示素子20は、ネマティック相の上の相、つまり、温度上昇させたときにネマティック相の次に呈する相である等方相(アイソトロピック相)で駆動を行っているが、電界印加時には、配向膜8・9界面の配向規制力の影響と、上記液晶性媒質、すなわち上記ネガ型液晶性混合物がネマティック相において有している屈折率異方性 $\Delta n$ と誘電率異方性 $\Delta \epsilon$ とに起因した特性が顕在化することが判明した。
- [0100] 本願発明者等は本実施の形態にかかる表示素子20において電界印加時には光学的異方性が発現するメカニズム(仕組み、原理)を以下に示すように推察した。つまり、本実施の形態にかかる表示素子20は、上記液晶性媒質にネガ型の液晶材料を使用していることから、上記媒質11における各液晶分子12は、電界と垂直な方向である基板面内方向に配向する。このとき、前記配向膜8・9界面では、例えばアンチパラレルにラビング処理等の配向処理を行っているので、図2に示すように、その配向

処理方向A・Bに沿って液晶分子12が配向し、バルクの内部にまでその配向規制力が及び、1軸配向が実現される。その結果、光が透過する。

- [0101] この光学的異方性発現のメカニズムを図8(a)および図8(b)に示す。図8(a)および図8(b)は、本実施の形態にかかる表示素子20の光学的異方性発現のメカニズムを示す図であり、図8(a)は、上記表示素子20における、電界無印加時の液晶分子12の配向状態を示す断面模式図、図8(b)は、図8(a)に示す表示素子20における、電界印加時の液晶分子12の配向状態を示す断面模式図である。
- [0102] 上記した表示素子20において、図8(a)に示すように、電界(電圧)無印加時( $V=0$ )には、2枚の透明平板電極からなる電極4・5が設けられた基板13・14により挟持された誘電性物質層3は光学的等方性を呈しており、液晶分子12の配向方向は全くのランダムである。しかしながら、図8(b)に、電界方向を矢印Cにて示すように、基板法線方向、すなわち基板13・14を構成する基板1・2の法線方向に電界を印加すると、上記誘電性物質層3中の液晶分子12は、基板面内方向、すなわち基板1・2の面内方向に配向すると同時に、上下の基板1・2の界面の配向膜8・9の配向処理方向A・Bに沿って並ぼうとする。この結果、液晶分子12はある閾値( $V_{th}$ )を超える電圧印加時( $V > V_{th}$ )には配向処理方向A・Bに揃って配向し、図5に示す配置とすることで、光が透過してくる。
- [0103] なお、十分に高い電圧印加時には、誘電性物質層3中のほぼ全ての液晶分子12が上記配向処理方向A・Bに配向する。
- [0104] 従って、十分に高い電圧印加時には、最大で、ネマティック相において液晶分子12(すなわち1液晶分子)が有する固有の屈折率異方性 $\Delta n = n_e - n_o$ ( $n_e$ : 異常光屈折率、 $n_o$ : 常光屈折率)に相当する光学的異方性を、本実施の形態にかかる表示素子20においても発現させることができ、光の利用効率に優れた表示素子を得ることが可能となる。
- [0105] よって、より低い電圧で光学的異方性を発現させるためには、1分子当たりの屈折率異方性 $\Delta n$ が大きい方が、発現する位相差(リターデーション:  $\Delta n \times d$ )は大きくなるので好ましいことが判る。また、誘電率異方性 $\Delta \epsilon$ の絶対値に関しても、大きい方がより低い電圧で液晶分子12を電界方向Cと垂直な方向に配向させることが可能となり

、低電圧化に寄与することが判った。

- [0106] 特に、前記媒質11に、屈折率異方性 $\Delta n$ と誘電率異方性 $\Delta \epsilon$ の絶対値との積( $\Delta n \times |\Delta \epsilon|$ )が1.9以上の液晶性媒質(ネガ型液晶材料)、好適には前記ネガ型液晶性混合物( $\Delta n \times |\Delta \epsilon| = 1.96$ )を使用すると、本願発明者等がまず第1目標と設定していた24Vという駆動電圧を、製造上可能な $1.3 \mu m$ というセル厚(基板法線方向の電極間隔、具体的には、誘電性物質層3の厚み:d)で達成することができた。
- [0107] なお、本願発明者等が24Vという駆動電圧を第1目標とした理由は、以下の通りである。
- [0108] 前記スイッチング素子21としてTFT素子のゲート電極の膜厚と膜質とを最適化した場合にゲート電極に印加することが可能な耐圧は最大で63Vである。ここで、この耐圧からゲート電極の電位がHigh(すなわち、ゲート電極ON)のときの電圧10Vおよびゲート電極の電位がLow(すなわち、ゲート電極OFF)のときの電圧-5V分を差し引いた48Vpp( $63 - 10 - 5 = 48Vpp$ (peak-to-peak))が、誘電性物質層3に印加することができる最大限の電圧値である。この電圧値は、実効値(rms:root-mean-square)で言えば $\pm 24V$ になり、本願発明者等が第1目標とした電圧値になる。
- [0109] なお、本実施の形態にかかる表示素子20では前記したように縦方向電界、すなわち基板法線方向の電界を印加する平板透明電極(電極4・5)を用いた構成(縦電界構造)が前提である。
- [0110] 一方、前記特許文献2に示されている従来技術では表示素子の構成として、基板面内方向電界を印加するような櫛歯電極構造(横電界構造:Inter-digital electrode structure)が前提であった。
- [0111] 本実施の形態にかかる表示素子20のような縦電界構造と従来技術のような横電界構造との決定的な違いは次の通りである。
- [0112] まず、櫛歯電極構造では、誘電率異方性 $\Delta \epsilon$ が正であるポジ型液晶材料(ポジ型液晶性媒質)を用いることが前提となる。しかしながら、櫛歯電極上は表示に使用することができないので、その分の開口率が低下して高透過率を得ることは困難である。また、櫛歯電極構造で駆動電圧を下げるには櫛歯電極間隔を狭くするしかないが

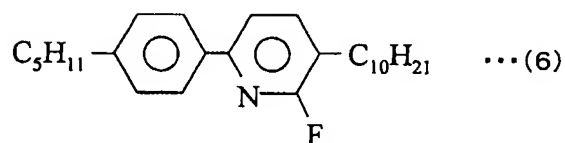
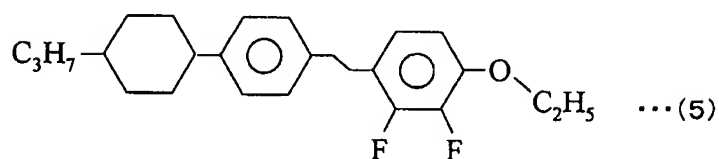
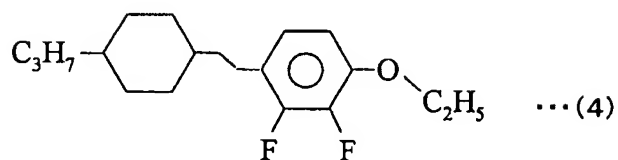
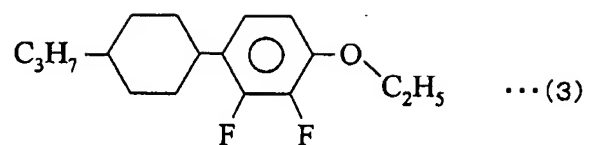
、製造上の精度やプロセスマージン、プロセスコスト等の制限から、数 $\mu\text{m}$ 程度にまで狭ギャップ化することは困難となる。

[0113] 一方、本実施の形態にかかる表示素子20のような縦電界構造ではネガ型液晶材料を用いることが前提であり、前記電極4・5のように透明平板電極を使用することができる。このため、このような表示素子20においては、基板13・14上の全領域を表示領域とすることが可能となり、高開口率で高透過率な表示素子を実現することができる。また駆動電圧に関しても、櫛歯電極で電極間隔を狭ギャップ化する場合と比較して、セル厚(d)を狭くすることは製造上の観点から比較的容易であり、最小で1 $\mu\text{m}$ 程度までは狭ギャップ化が可能である。

[0114] 次に、本実施の形態で用いた前述のネガ型液晶性混合物である液晶材料(1)と、該液晶材料(1)を見出す以前に検討していた幾つかの液晶材料を用いた実験結果について以下に説明する。

[0115] 先ず、本実施の形態で用いた前述の液晶材料(1)とし、該液晶材料(1)を見出す以前に検討していた下記構造式(3)～(6)

[0116] [化2]



で示される液晶材料を順に各々比較用液晶材料(1)～(4)として、これら液晶材料の物性値( $\Delta n$ :屈折率異方性、 $\Delta \epsilon$ :誘電率異方性、および $\Delta n \times |\Delta \epsilon|$ )を測定した結果を表1に示す。なお、上記屈折率異方性 $\Delta n$ および誘電率異方性 $\Delta \epsilon$ の測定条件は、前記した通りである。

[0117] [表1]

	$\Delta n$	$\Delta \epsilon$	$\Delta n \times  \Delta \epsilon $
液晶材料 (1)	0. 1 4	- 1 4	1. 9 6
比較用液晶材料 (1)	0. 1 1 0 1	- 7. 2	0. 7 9
比較用液晶材料 (2)	0. 1 0 9 8	- 5. 7	0. 6 3
比較用液晶材料 (3)	0. 1 2 8 0	- 4. 9	0. 6 3
比較用液晶材料 (4)	0. 1 1 0 7	- 4. 3	0. 4 8

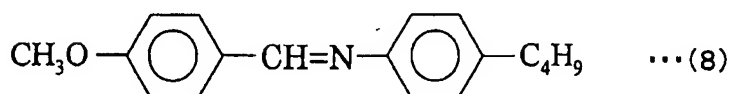
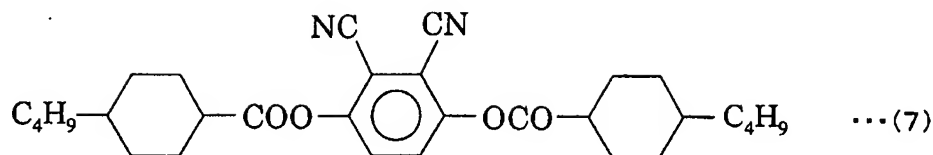
次に、これら液晶材料を、本実施形態にかかる表示素子20と同様の透明平板電極セル(縦電界セル)に封入して、外部加温装置により、各液晶材料のネマティックーアイソトロピック相転移温度( $T_{ni}$ )の直上近傍の温度 $T$  ( $T$  よりも僅かに高い温度、 $T = T_{ni} + 0.1K$ )に保ち、前記図7に示す測定と同様にして電圧ー透過率特性( $V-T$ 特性)の実測を行った。なお、セル厚( $d$ )は何れも $1.3\mu m$ とした。

[0118] そしてこの電圧ー透過率特性カーブから、透過率が最大となる電圧値( $V_{100}$  (V))を見積もり、この電圧値( $V_{100}$  (V))と、屈折率異方性 $\Delta n$ と誘電率異方性 $\Delta \epsilon$ の絶対値との積( $\Delta n \times |\Delta \epsilon|$ )との関係をプロットしたものを図1に示す。なお、図1中、縦軸は $V_{100}$  (V)、横軸は $\Delta n \times |\Delta \epsilon|$ を示し、図1中、「◆」は比較用液晶材料(1)～(4)、「◇」は本実施の形態にかかる液晶材料(1)を示す。

[0119] 図1に示したように駆動電圧 $V_{100}$  (V)は、上記した新規のパラメータ $\Delta n \times |\Delta \epsilon|$ と強い相関が見られ、ある曲線上に乗っていることが推察できる。屈折率異方性 $\Delta n$ と誘電率異方性 $\Delta \epsilon$ の絶対値 $|\Delta \epsilon|$ はともに大きい程、低電圧化に寄与する。そこでこの曲線を更に外挿して更なる低電圧化を試みた。例えば $\Delta n \times |\Delta \epsilon|$ が4であるとする、 $V_{100}$  (V)は、図1中、「●」で示すように6.8Vと概算される。この電圧は従来のTFT素子、汎用のドライバを用いて駆動できる電圧範囲内であって、ドライバ等のコストアップなく、まさに実用化への目処が立つ数値範囲内である。

[0120] 上記 $\Delta n \times |\Delta \epsilon|$ が4の液晶材料としては、例えばネマティック相状態での屈折率異方性 $\Delta n$ が0.20、誘電率異方性 $\Delta \epsilon$ が-20である液晶材料で実現することができる。一般的に、液晶材料において、屈折率異方性 $\Delta n$ のみを極めて大きくすることや、誘電率異方性 $\Delta \epsilon$ のみを極めて大きくすることは非常に困難であると言われている。本願発明者等が鋭意検討した結果、本願発明者等は、上記屈折率異方性 $\Delta n$ と誘電率異方性 $\Delta \epsilon$ とのバランスを取って $\Delta n \times |\Delta \epsilon| \geq 4$ を達成するためには、 $\Delta n \geq 0.20$ 、 $|\Delta \epsilon| \geq 20$ であることが好ましいとの結論に至った。このようなネガ型液晶材料は、例えば、下記構造式(7)・(8)

[0121] [化3]



で示される化合物(液晶材料)の混合物等で実現することができる。

- [0122] なお、上記構造式(7)で示される化合物および上記構造式(8)で示される化合物の屈折率異方性 $\Delta n$ は何れも上記条件( $\Delta n \geq 0.20$ 、 $|\Delta \epsilon| \geq 20$ )を満足している。
- [0123] なお、上記説明においては、液晶材料のパラメータの数値範囲を規定する際に、セル厚(d)を $1.3 \mu\text{m}$ に固定して規定したが、セル厚が $1.3 \mu\text{m}$ よりも厚い場合には、駆動電圧は必ず上昇する。このため、セル厚が $1.3 \mu\text{m}$ よりも厚い場合、 $\Delta n \times |\Delta \epsilon|$ は、さらに大きくする必要があり、必然的に本発明の数値範囲内に入るものと考えられる。
- [0124] 一方、セル厚(d)が $1.3 \mu\text{m}$ よりも薄くなる場合であるが、現状の製造プロセスでは $1 \mu\text{m}$ 程度が下限である。従って $1.3 \mu\text{m}$ で見積もっておけば、何ら問題はないと考えられる。しかしながら、将来的に製造プロセスが進歩して、 $1 \mu\text{m}$ 未満のセル厚(d)を有する表示素子の製造も可能となることも無いとは言えない。しかしながら、 $1 \mu\text{m}$ 未満のセル厚(d)が実現できたとしても、汎用のTFT素子およびドライバを使用してコストアップのない表示素子を実現しようと思えば、そのために液晶材料が満足しなければならないパラメータ範囲としては、少なくとも、 $\Delta n \times |\Delta \epsilon| \geq 1.9$ 、より好適には $\Delta n \times |\Delta \epsilon| \geq 1.96$ で規定しておけば、パラメータの下限値としては問題ないという結論に本願発明者等は達した。
- [0125] なお、前記したように、上記屈折率異方性( $\Delta n$ )および誘電率異方性( $\Delta \epsilon$ )の測

定温度 $T_k$ は、上記液晶材料、すなわち、ネマティック液晶相を示す液晶性媒質がネマティック相状態を示す温度であれば、特に限定されるものではないが、 $T_k = 0.5T_{ni} \sim 0.95T_{ni}$ の温度範囲内であることが好ましい。つまり、本実施の形態において、上記液晶材料は、ネマティック相状態における、550nmでの屈折率異方性 $\Delta n$ と、ネマティック相状態における、1kHzでの誘電率異方性の絶対値 $|\Delta \epsilon|$ との積( $\Delta n \times |\Delta \epsilon|$ )が1.9以上であればよいが、測定温度 $0.5T_{ni} \sim 0.95T_{ni}$ 、測定波長550nmでの屈折率異方性 $\Delta n$ と、測定温度 $0.5T_{ni} \sim 0.95T_{ni}$ 、測定周波数1kHzでの誘電率異方性の絶対値 $|\Delta \epsilon|$ との積( $\Delta n \times |\Delta \epsilon|$ )が1.9以上であることがより好ましい。

[0126] 本実施の形態において、低電圧駆動の目的のためには、上記パラメータ $\Delta n \times |\Delta \epsilon|$ の値は大きければ大きい程、駆動電圧が下がって好ましい。しかしながら、汎用のTFT素子や駆動回路、IC(集積回路)には電圧値のバラツキが存在する。このため、そのバラツキ値程度の電圧値を駆動電圧とした場合、階調表示が定まらないおそれがある。このようなバラツキ値は、最大で見積もって0.2V程度である。従って、上記パラメータ $\Delta n \times |\Delta \epsilon|$ の値は大きければ大きい程好ましいが、汎用のTFT素子や駆動回路、ICを使用してコストアップのない表示素子を実現しようと思えば、上記バラツキを考慮し、実使用上、駆動電圧 $V_{100}$ (V)は上記バラツキ値よりも大きいことが望ましく、駆動電圧 $V_{100}$ (V)を、バラツキ値の見積もりの最大値である0.2Vよりも大きくすることで、安定した階調表示を行うことができると考えられる。そこで、セル厚(d)を1.3  $\mu m$ に固定した場合の図1の曲線をさらに外挿して見積もった結果、上記パラメータ $\Delta n \times |\Delta \epsilon|$ は、24以下(すなわち、 $1.9 \leq \Delta n \times |\Delta \epsilon| \leq 24$ 、特に $4 \leq \Delta n \times |\Delta \epsilon| \leq 24$ )であることが好ましく、20以下(すなわち、 $1.9 \leq \Delta n \times |\Delta \epsilon| \leq 20$ 、特に $4 \leq \Delta n \times |\Delta \epsilon| \leq 20$ )であることがより好ましいと判断される。

[0127] また、以上の議論では、液晶材料の屈折率異方性 $\Delta n$ および誘電率異方性 $\Delta \epsilon$ でのみしか、好ましい範囲の規定を行っていないが、電気光学特性(例えば、電圧一透過率特性)は、液晶材料の物性値だけではなく、セル厚(d)のファクターも寄与する。つまり、前記したように、位相差(リターデーション)は、 $\Delta n \times d$ で決定され、これが透過率に対応する。

[0128] 図2および図5に記載の本実施の形態にかかる表示素子20は、前記したように配



光処理方向(例えばラビング方向)が、例えばアンチパラレルになるようにセルを組んでいる、所謂ECB(Electrically Controlled Birefringence)タイプであって、上記したように配向処理方向が互いに平行または反平行の場合、つまり、平行配向モードの場合に、その光の利用効率が最大となる(つまり、透過率が最大になる)数値範囲としては、半波長条件( $\lambda/2$ 条件:具体的には、 $\lambda=550\text{nm}$ とした場合に $\lambda/2=275\text{nm}$ )を中心とした、 $\lambda/4 \leq \Delta n \times d \leq 3\lambda/4$ の範囲内、具体的な数値としては、 $137.5(\text{nm}) \leq \Delta n \times d \leq 412.5(\text{nm})$ の範囲内が好ましい。より好ましくは $175(\text{nm}) \leq \Delta n \times d \leq 375(\text{nm})$ の範囲内である。また、上記配向処理方向が、互いに直交する場合、つまり、90度ツイスト配向モード(いわゆるTNモード)の場合は、 $350(\text{nm}) \leq \Delta n \times d \leq 650(\text{nm})$ の範囲で、光の利用効率が最大となる。本実施の形態によれば、上記各条件を満足することで、光の利用効率を向上させることができる。なお、上記各式中、 $\lambda$ は入射光(可視光)の波長(nm)、すなわち観察波長(nm)を示し、 $d$ はセル厚( $\mu\text{m}$ )、すなわち誘電性物質層3の厚みを示す。

[0129] なお、上記規定は、等方相温度領域中において発生させる位相差( $\Delta n \times d$ )に関する規定である。よって、上記規定における屈折率異方性 $\Delta n$ は、できるだけ等方相を呈する温度に近い温度であることが望ましい。よって、上記位相差( $\Delta n \times d$ )の算出において、上記屈折率異方性 $\Delta n$ は、前記したように、ネマティック相状態で、 $550\text{nm}$ にて測定した値であればよいが、できるだけ等方相を呈する温度に近い温度(安全には、 $T_k(\text{K}) = T_{ni}(\text{K}) - 5(\text{K})$ )において測定された値であることが好ましい。

[0130] 上記したように、本実施の形態では、主に、上記表示素子20として、電極4・5の内側、すなわち、基板13・14における互いの対向面に、互いの配向処理方向A・Bが、前記したように例えばアンチパラレルとなるように、基板1・2の基板面に水平にラビング処理または光照射処理(好適には偏光光照射処理)等の配向処理が施された配向膜8・9(水平配向膜)が設けられている場合を例に挙げて説明した。しかしながら、本発明は上記構成にのみ限定されるものではない。

[0131] すなわち、上記表示素子20においては、電界の印加による光学的異方性の発現(すなわち、電界印加時における媒質11の配向変化)を促進するための配向補助材Lとして、例えば上記一对の基板13・14のうち少なくとも一方の基板に、水平配向膜と

して上記配向膜8・9の少なくとも一方、好適には両方が設けられていることで、上記誘電性物質層3における上記水平配向膜との界面付近における液晶分子12の配向方向を基板面内方向に規定することができる。このため、上記の構成によれば、前記した液晶性媒質に液晶相、すなわちネマティック液晶相を発現させた状態において、前記液晶性媒質を構成する液晶分子12を、基板面内方向に配向させることができる。従って、上記配向補助材Lを、上記基板面内方向に沿う部分の割合が大きくなるように形成することができる。これにより、上記配向補助材Lによって、上記液晶性媒質を構成する液晶分子12が電界印加時に上記基板面内方向に配向するように、上記液晶分子12の配向を促進させることができる。従って、電界印加時における光学的異方性の発現を、確実にかつ効率良く促進させることができる。特に、水平配向膜は、上記 $\Delta \epsilon$  (誘電率異方性)が負の液晶性媒質を用いて、液晶分子12を、電界印加時に、基板面内方向に配向させるという本発明の目的に好適で、垂直配向膜を用いた場合と異なり、電界印加時に基板面内に効率良く液晶分子12を配向させることが可能であり、より効果的に光学的異方性を発現させることができる。

[0132] そして、特に、上記配向補助材Lとして上記水平配向膜にラビング処理または光照射処理等の配向処理を施したものを使用すると、電界印加時に液晶分子12の配向方向を一方向に揃えることが可能となるので、電界印加時に、より一層効果的に光学的異方性を発現させることができる。効果的に光学的異方性を発現させることができれば、より低い電圧で駆動可能な表示素子を実現することができる。

[0133] そして、上記水平配向膜が、上記一对の基板13・14の各々に設けられていると共に、上記ラビング処理または光照射処理における、ラビング方向または光照射方向が、互いに平行、反平行、または直交するように配されていることで、従来のネマティック液晶モードと同様に、電界印加時の光の利用効率が高まるので透過率が向上し、ひいては低電圧駆動が可能となると共に、上記誘電性物質層3の上記水平配向膜との界面付近における、上記液晶分子12の配向方向を所望の方向に確実に規定することができる。そして、特に、この場合、上記ラビング方向または光照射方向が互いに異なるように上記ラビング処理または光照射処理が施されていること、例えば、上記ラビング方向または光照射方向が互いに直交するように上記水平配向膜が配され

ていることで、電界印加時に、上記液晶性媒質を構成する上記液晶分子12を、捩れ構造をなすように配向させることができる。すなわち、上記液晶分子12の長軸方向が、基板面に平行な方向を向くと共に、一方の基板側から他方の基板側にかけて、基板面平行方向に順次捩れるように配向する、捩れ構造となるように、上記液晶分子12を配向させることができる。これにより、上記液晶性媒質の波長分散による色付き現象を緩和することができる。

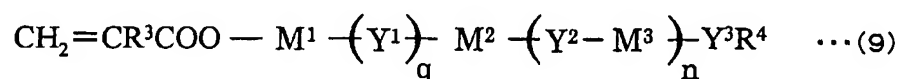
- [0134] また、電界の印加による光学的異方性の発現を促進するための配向補助材Lは、必ずしも、上記したように基板13・14の対向面表面に形成されている必要はなく、上記一对の基板13・14間、さらに言えば、上記一对の基板1・2間に設けられていればよい。
- [0135] 電界無印加時には光学的等方性を示し、電界印加によって光学的異方性を発現する誘電性物質、特に、電界印加によって分子の配向方向が変化することで光学的異方性を発現する誘電性物質を用いて表示を行う表示素子は、高速応答特性および広視野角特性を示す一方で、従来、駆動電圧が非常に高いという問題があった。
- [0136] これに対し、上記したように上記一对の基板1・2間に上記配向補助材Lが設けられていることで、電界の印加により、上記誘電性物質中における液晶分子12の配向状態の変化を促進させることができ、電界印加時により効率良く光学的異方性を発現させることができる。従って、上記したように上記一对の基板1・2間に上記配向補助材Lが設けられていることで、低電圧で光学的異方性を発現させることが可能となるので、実用レベルの駆動電圧で動作可能であり、高速応答特性および広視野角特性を備えた表示素子を実現することができる。
- [0137] 本実施の形態において、上記配向補助材Lは、上記誘電性物質層3内に形成されていてもよい。この場合、上記配向補助材Lは、構造的異方性を有していることが好ましい。また、上記配向補助材Lは、上記誘電性物質層3中の液晶性媒質が液晶相を呈している状態で形成されたものであることが好ましい。上記配向補助材Lは、重合性化合物からなるものであってもよく、高分子化合物からなるものであってもよい。また、上記配向補助材Lは、鎖状高分子化合物、網目状高分子化合物、および環状高分子化合物からなる群より選ばれる少なくとも一種の高分子化合物からなるもので

あっても、水素結合体からなるものであっても、多孔質材料からなるものであってもよい。

- [0138] 上記の各構成は、上記電界の印加による光学的異方性の発現を促進するための配向補助材Lとして好適である。
- [0139] また、上記配向補助材Lは、上記誘電性物質層3中の液晶性媒質を小領域に分割するもの(材料)であることが好ましい。特に、上記小領域の大きさが可視光波長以下であることが好ましい。
- [0140] 上記の構成によれば、液晶性媒質が小領域、好適には可視光波長以下のマイクロな小領域に閉じ込められているので、液晶性媒質が等方相温度領域において、電界印加時の電気光学効果(例えばカー効果)を広い温度範囲で発現させることができる。そしてこの小領域のサイズが可視光波長以下であると、上記配向補助材L、つまり上記液晶性媒質を小領域に分割せしめている材料と液晶性媒質との屈折率の不一致による光散乱を抑え込むことが可能となり、高コントラストな表示素子20を得ることができる。
- [0141] すなわち、本実施の形態にかかる表示素子20の誘電性物質層3には、前記媒質11、具体的には前記ネガ型液晶性混合物(液晶性媒質)に加えて上記した配向補助材Lが含まれていてもよい。また、該配向補助材Lは、配向補助材Lとしての前記水平配向膜に代えて設けられていてもよく、前記水平配向膜とともに設けられていてもよい。なお、以下の説明においては、図2に示す表示素子20において上記誘電性物質層3内に上記した配向補助材Lが形成されている場合を例に挙げて説明するものとするが、本発明はこれに限定されるものではない。
- [0142] 上記誘電性物質層3内に形成される配向補助材Lは、例えば、光重合性モノマー(重合性化合物)および光重合開始剤を適量、予め前記ネガ型液晶性混合物に添加しておき、該液晶性混合物がネマティック相状態において紫外線(UV)を照射して上記光重合性モノマーを重合し、図9に示すように、上記誘電性物質層3内に高分子鎖15を形成することで、得ることができる。
- [0143] この場合、前記ネガ型液晶性混合物はネマティック相を呈している状態で上記UV照射を行うため、上記高分子鎖15は、図9に示すように、配向膜8・9界面の配向処

理方向A・Bに沿って表示素子20内部(セル内部)まで上記液晶分子12が一様に配向した状態のまま固定化されることになる。

- [0144] つまり、上記高分子鎖15は、1軸配向している液晶分子12をあるサイズで囲い込むような形で3次元的壁を形成する。囲まれた領域(カプセル、小領域)のサイズは、光重合性モノマー(重合性化合物)の添加量やUV光の照射エネルギー等で決まるものであり、前記したように、上記高分子鎖15を構成する高分子化合物(鎖状高分子化合物)の屈折率と液晶分子12の屈折率とのミスマッチ(屈折率の不一致)から生じる光散乱によるコントラスト低下を防ぐためには、上記カプセル(小領域)のサイズは、可視光波長以下であることが好ましい。
- [0145] このように例えばネマティック相で上記高分子鎖15の形成(固定化)を施した誘電性物質層3を、本実施の形態にかかる表示素子20の駆動温度領域である、ネマティック-アイソトロピック相転移温度( $T_{ni}$ )の上の等方相に加温すると、各々のカプセル中の液晶性媒質は光学的等方相へと相転移する。
- [0146] しかしながら、上記したように高分子化合物でカプセル化やネットワーク化を施したものは、高分子化合物の壁の効果(高分子壁のアンカリング効果)を、液晶分子12が等方相の状態にある場合でも有効に作用することができるので、使用可能な温度範囲の拡大が可能となる。従って、本実施の形態によれば、より広い温度範囲で駆動可能な表示素子を実現することができる。
- [0147] 次に、上記高分子鎖15(鎖状高分子化合物)の形成(固定化)について以下に詳細に説明する。
- [0148] 上記高分子鎖15は、例えば光重合性モノマー等の重合性化合物を重合(硬化)させてなる高分子化合物であって、例えば下記構造式(9)
- [0149] [化4]

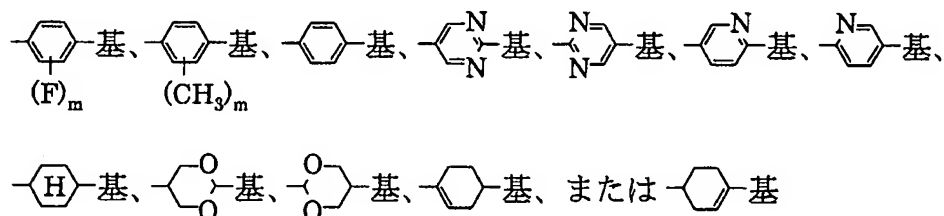


で示される化合物(液晶(メタ)アクリレート、光重合性モノマー)を重合することにより、得ることができる。

[0150] なお、構造式(9)中、 $R^3$ は水素原子またはメチル基を表す。また、 $q$ および $n$ はそれぞれ独立して0または1の整数を示す。なお、上記 $q$ 、 $n$ で示される整数(繰り返し単位)が0の場合、単に単結合していることを示す。

[0151] また、上記構造式(9)中、 $M^1$ 、 $M^2$ 、 $M^3$ は、それぞれ独立して、1, 4-フェニレン基、*trans*-1, 4-シクロヘキシレン基等の6員環構造を有する置換基を示す。但し、上記 $M^1$ 、 $M^2$ 、 $M^3$ は、上記例示の置換基にのみ限定されるものではなく、下記構造

[0152] [化5]



を有する置換基のうち、何れか一種の置換基を有していればよく、互いに同じであっても異なっても構わない。なお、上記置換基において、 $m$ は1~4の整数を示す。

[0153] また、上記構造式(9)中、 $Y^1$ および $Y^2$ は、それぞれ独立して、 $\text{—CH}_2\text{CH}_2\text{—}$ 基、 $\text{—CH}_2\text{O—}$ 基、 $\text{—OCH}_2\text{—}$ 基、 $\text{—OCO—}$ 基、 $\text{—COO—}$ 基、 $\text{—CH=CH—}$ 基、 $\text{—C}\equiv\text{C—}$ 基、 $\text{—CF=CF—}$ 基、 $\text{—(CH}_2)_4\text{—}$ 基、 $\text{—CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{O—}$ 基、 $\text{—OCH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{—}$ 基、 $\text{—CH=CHCH}_2\text{CH}_2\text{O—}$ 基、または、 $\text{—CH}_2\text{CH}_2\text{CH=CH—}$ 基を表す。すなわち、上記 $Y^1$ および $Y^2$ は、上記した何れかの構造を有していれば、互いに同じであっても異なっても構わない。

[0154] さらに、上記構造式(9)中、 $Y^3$ は、 $\text{—O—}$ 基、 $\text{—OCO—}$ 基、または、 $\text{—COO—}$ 基を表す。また、 $R^4$ は、水素原子、ハロゲン原子、シアノ基、炭素数1~20のアルキル基、アルケニル基、アルコキシル基を表す。

- [0155] 上記構造式(9)で示される化合物(液晶(メタ)アクリレート、重合性化合物)は、室温近傍の温度で液晶相を示すので、該化合物を重合することによって得られる高分子鎖15(つまり配向補助材L)に配向規制力を付与する能力が高く、誘電性物質層3内に封入する上記配向補助材Lの材料として好適である。
- [0156] これら光重合性モノマー(重合性化合物)の重合を開始させる方法としては特に限定されるものではなく、種々の方法を採用することができるが、上記重合を迅速に行わせるためには、上記誘電性物質層3に、重合開始に先立って、予め重合開始剤が添加されていることが好ましい。上記重合開始剤としては、特に限定されるものではなく、従来公知の重合開始剤を使用することができるが、具体的には、例えば、メチルエチルケトンパーオキサイド等が挙げられる。
- [0157] ここで、上記高分子鎖15からなる配向補助材Lが形成された表示素子20の製造方法の一例(一製造例)について説明する。
- [0158] 上記高分子鎖15からなる配向補助材Lが形成された表示素子20の製造方法において、基板1・2の表面に電極4・5、配向膜8・9をそれぞれ積層して基板13・14を形成し、これら基板13・14を、図示しないシール材により、必要に応じて、例えば図示しないプラスチックビーズやガラスファイバースペーサ等のスペーサを介して貼り合わせるまでの工程は、前記した通りであり、誘電性物質層3内に上記高分子鎖15からなる配向補助材Lを形成する場合でもあっても、前記した製造方法と同様の方法を用いることができる。なお、本製造例においても、上記基板13・14(電極基板)は、プラスチックビーズ等のスペーサ(図示せず)を介して、両者の間隔(誘電性物質層3の厚さ)が $1.3\mu\text{m}$ となるように調整した上で、後で注入する媒質11(誘電性液体)の注入口(図示せず)となる部分を除いて、シール材(図示せず)により上記基板13・14の周囲を封じて固定するものとする。また、本製造例においても、上記基板13・14を貼り合わせ、その間隙に媒質11を注入した後、上記注入口を封止してセルを完成させ、該セルの外側から偏光板6・7の貼付を行う。
- [0159] 本製造例では、上記基板13・14間に、前記媒質11、すなわち、前記ネガ型液晶性混合物(液晶材料(1)、液晶性媒質)に、上記配向補助材Lの材料(配向補助材材料)として、光重合性モノマーの一種である前記構造式(9)で示される液晶(メタ)

アクリレート(重合性化合物)および重合開始剤であるメチルエチルケトンパーオキサイドを添加したものを注入する。上記媒質11(液晶性媒質)に対する光重合性モノマー(重合性化合物)の添加量は、0.05重量%~15重量%の範囲内であることが好ましい。これは、上記媒質11に対する光重合性モノマー(重合性化合物)の添加量が0.05重量%未満の場合、該光重合性モノマーを重合(硬化)してなる高分子鎖15の上記媒質11に対する割合が少なく、配向補助材Lとしての機能が低下し、十分な配向規制力を発揮することができなくなるおそれがあり、上記媒質11に対する光重合性モノマー(重合性化合物)の添加量が15重量%を超えると、上記高分子鎖15からなる配向補助材Lに印加される電界の割合が大きくなり、駆動電圧が増大する傾向にあるためである。

[0160] また、上記媒質11に対する光重合性モノマー(重合性化合物)の添加量を上記範囲内とすることで、1軸配向している液晶分子12を可視光波長以下のサイズの3次的壁からなる高分子鎖15で囲い込むことができ、前記したように、得られた高分子鎖15(高分子化合物)の屈折率と液晶分子12の屈折率とのミスマッチから生じる光散乱によるコントラスト低下を防止することができる。

[0161] また、上記重合性化合物に対する重合開始剤の添加量は、上記重合性化合物の種類や使用量等に応じて適宜設定すればよく、特に限定されるものではないが、上記重合性化合物に対し、10重量%以下の範囲内となるように抑えることが、上記表示素子20の比抵抗の低下を防止する上で好ましい。上記重合性化合物に対する重合開始剤の添加量が10重量%を超えると、上記重合開始剤が不純物として作用し、上記表示素子20の比抵抗が低下するおそれがある。

[0162] 本実施の形態において、上記重合性化合物の重合条件(反応条件)は、特に限定されるものではないが、前記したように、上記配向補助材Lは、上記媒質11(液晶性媒質)が液晶相を呈している状態で形成されたものであることが好ましい。このように、上記配向補助材Lが、上記誘電性物質層3中の液晶性媒質が液晶相、すなわち本実施の形態においてはネマティック液晶相を呈している状態で形成されてなることで、得られた配向補助材L(高分子鎖15)は、上記液晶性媒質が液晶相(ネマティック液晶相)を示す状態における、上記液晶性媒質を構成する液晶分子12の配向方向



に略平行な部分の割合が大きくなる。

[0163] つまり、本実施の形態において、上記したように誘電性物質層3を構成する媒質11が液晶相を呈している状態では、この媒質11における液晶分子12は、配向膜8・9に施した配向処理の影響を受け、図2に示すように配向処理方向A・Bに沿って配向している。従って、この状態で上記光重合性モノマーを重合させることにより、図9に示すように、上記重合によって得られる高分子鎖15は、上記液晶分子12の配向方向に沿う部分の割合が大きくなる。つまり、上記高分子鎖15は、配向処理の影響によって配向している液晶分子12の配向方向に向いている割合が大きくなるように、構造的異方性を有している。本実施の形態によれば、このように上記配向補助材Lが構造的異方性を有することで、上記誘電性物質層3中における上記液晶分子12の配向方向の変化を、上記配向補助材Lとの分子間相互作用によって促進させることができる。

[0164] このような状態を有する表示素子20を、ネマティックーアイソトロピック(等方相)相転移温度( $T_{ni}$ )直上近傍の温度(相転移温度よりも僅かに高い温度 $T_c$ 、例えば $T_c = T_{ni} + 0.1K$ )の液体状態(等方相状態)に保ち、両電極4・5間に電圧を印加すると、上記配向膜8・9界面近傍のみならず、バルク領域を含む全ての領域において上記液晶分子12が配向し始める。さらに電圧を高くしていくと、誘電性物質層3におけるあらゆる領域の液晶分子12の配向秩序が上昇し、大きな光学応答を得ることができる。

[0165] これは、例えば前記図2に示すように上記高分子鎖15からなる配向補助材Lが形成されていない表示素子20では、分子配向を促す役目を、例えば基板13・14表面(配向膜8・9)に施した配向処理だけが担っていたのに対して、上記図9に示す表示素子20では、予め所望の配向方向に形成された高分子鎖15がセル内のあらゆる領域に存在するためである。すなわち、本製造例における表示素子20では、配向膜8・9に施した配向処理に加えて、この配向処理方向に沿って配向する部分の割合が多くなるように形成した高分子鎖15が、上記液晶分子12の上記配向処理方向への配向を促す役目を担っている。これにより、上記構成によれば、より一層低電圧で最大透過率を得ることができる。

- [0166] 以上のように、本実施の形態によれば、上記配向補助材Lによって、電界印加時に、上記液晶性媒質を構成する液晶分子12が、上記液晶相状態における配向方向と同様の方向に配向するように、上記液晶分子12の配向を促進させることができる。従って、電界印加時における光学的異方性の発現を、確実に促進させることができる。
- [0167] なお、本実施の形態において、上記重合性化合物の重合反応における反応圧力、反応時間)等の反応条件は特に限定されるものではなく、上記重合が完了するように、上記重合性化合物の種類や使用量、反応温度等に応じて適宜設定すればよい。
- [0168] 本製造例において用いられる上記ネガ型液晶性混合物(液晶材料(1))は、 $62^{\circ}\text{C}$  ( $T_{ni}$ )未満でネマティック液晶相を示し、それ以上の温度では等方相を示す。よって、本製造例においては、外部加温装置(図示せず)によって上記基板13・14の温度を、上記 $T_{ni}$ よりも低い温度(具体的には $40^{\circ}\text{C}$ )に保った状態で、上記基板13・14間に上記媒質11および上記配向補助材材料を注入したセル(表示素子20)に紫外線を照射した。これにより、上記基板13・14間に注入された上記光重合性モノマーを、上記誘電性物質層3を構成する媒質11が液晶相(ネマティック液晶相)を示している状態で重合(硬化)させて上記高分子鎖15(配向補助材L)を形成した。
- [0169] このようにして得られた上記表示素子20(図9参照)は、図2に示す表示素子20と同様に、外部加温装置により、ネマティック-アイソトロピック(等方相)相転移温度( $T_{ni}$ )直上近傍の温度(相転移温度よりも僅かに高い温度 $T_e$ 、例えば $T_e = T_{ni} + 0.1\text{K}$ )に保ち、両電極4・5間に電圧を印加することにより、透過率が変化する。すなわち、上記誘電性物質層3に封入した媒質11を、該媒質11のネマティック-アイソトロピック(等方相)相転移温度( $T_{ni}$ )より僅かに高い温度に保つことによって等方相状態とし、両電極4・5間に電圧を印加することにより、誘電性物質層3の透過率を変化させることができた。
- [0170] なお、誘電性物質層3に封入する媒質11は、単一化合物で液晶性を示すものであってもよく、複数の物質の混合により液晶性を示すものでもよい。あるいは、これらに他の非液晶性物質が混入されていてもよい。
- [0171] 上記誘電性物質層3に封入される媒質11における液晶性を示す物質(媒質)、すなわち、液晶性媒質(液晶性化合物およびその混合物、あるいは、複数の物質の混

合により液晶性を示す液晶性混合物等)の割合は、20重量%以上であることが好ましく、50重量%以上であることがより好ましい。

[0172] また、光重合性モノマー(重合性化合物)は、上記例示の化合物に限定されるものではなく、例えば、同一分子内に液晶骨格と重合性官能基とを有する他の重合性モノマー、例えば他の液晶(メタ)アクリレートであってもよい。なお、中間調表示と低電圧駆動を両立するためには、上記液晶性(メタ)アクリレートとしては、例えば前記構造式(9)に示すように、液晶骨格と重合性官能基との間に、メチレン基(メチレンスペーサ)等のアルキレン基やオキシアルキレン基等の、柔軟性を有する連結基(スペーサ)がない単官能液晶性(メタ)アクリレートであることが好ましく、単官能液晶性アクリレートであることがより好ましい。すなわち、上記光重合性モノマーとしては、2つあるいは3つの6員環を有する液晶骨格を構造単位として有する、環状アルコール類、フェノール類、または芳香族ヒドロキシ化合物等の水酸基含有化合物と、(メタ)アクリル酸とのエステル、すなわち、上記液晶骨格をエステル位に有する単官能(メタ)アクリレート等が好ましい。

[0173] このような単官能(メタ)アクリレートは、(メタ)アクリロイルオキシ基と液晶骨格の間に、アルキレン基またはオキシアルキレン基等の柔軟性を有する連結基がない。このため、この種の単官能(メタ)アクリレートを重合させて得られる重合体(高分子化合物)は、主鎖に、剛直な液晶骨格が、連結基を介さずに直接結合された構造を有しており、上記液晶骨格の熱運動が当該高分子化合物の主鎖により制限されるので、この主鎖によって影響を与えられる液晶分子12の配向をより安定化させることができる。

[0174] また、上記誘電性物質層3に封入する媒質11に添加する上記他の重合性モノマー(光重合性モノマー)としては、例えば、エポキシアクリレート類を用いてもよい。該エポキシアクリレート類としては、例えば、ビスフェノールA型エポキシアクリレート、ブロム化ビスフェノールA型エポキシアクリレート、フェノールノボラック型エポキシアクリレート等を用いることができる。エポキシアクリレート類は、1分子中に、光照射により重合するアクリル基と、加熱により重合するカルボニル基および水酸基とを併せ持っている。このため、硬化法として光照射法と加熱法とを併せて用いることができる。この

場合、光照射により重合する官能基と、加熱により重合する官能基との少なくともどちらか一方の官能基が反応して重合(硬化)する可能性が高い。従って、未反応部分がより少なくなり、十分な重合を行うことができる。

- [0175] なお、この場合、必ずしも光照射法と加熱法とを併せて用いる必要はなく、何れか一方の方法を用いてもよい。すなわち、本実施の形態において、上記配向補助材Lの形成方法、すなわち上記重合性モノマーの重合方法としては、光照射により重合する光重合性モノマーを使用して該光重合性モノマーを紫外線(光)によって重合させる方法に限らず、使用する重合性化合物の特性に合わせた重合方法を適宜選択すればよい。言い換えれば、本実施の形態において上記配向補助材Lを形成するために媒質11に添加する重合性化合物(重合性モノマー)は、光照射によって重合する光重合性モノマーに限らず、光照射以外の方法で重合する重合性モノマーであってもよい。
- [0176] また、誘電性物質層3に封入する媒質11に添加する重合性モノマーとしては、この他にも、アクリレートモノマー(例えば、アルドリッチ社製のエチルヘキシルアクリレート(EHA)、トリメチルヘキシルアクリレート(TMHA)等)と、ジアクリレートモノマー(例えば、メルク社製の「RM257」(商品名))との混合物等を用いることもできる。
- [0177] なお、上記した何れの重合性化合物を用いる場合においても、前記した理由から、上記媒質11(液晶性媒質)に対する重合性化合物の添加量は、0.05重量%~15重量%の範囲内であることが好ましく、上記重合性化合物に対する重合開始剤の添加量は、10重量%以下であることが好ましい。
- [0178] 本実施の形態において、上記配向補助材Lを重合性化合物から形成する場合であっても、上記重合性化合物を重合する上で重合開始剤は必ずしも必須ではないが、上記重合性化合物を、例えば光や熱により重合して高分子量化するためには、前記したように、重合開始剤を添加することが好ましい。重合開始剤を添加することによって重合を迅速に行うことができる。
- [0179] また、上記製造例においては、重合開始剤としてメチルエチルケトンパーオキシドを用いたが、上記重合開始剤としては、上記例示の化合物にのみ限定されるものではなく、上記例示の化合物以外にも、例えば、ベンゾイルパーオキシド、キュメンハ

イドロイドパーオキシド、tert-ブチルパーオクトエート、ジクミルパーオキシド等が挙げられる。また、これらの化合物以外にも、例えば、ベンゾイルアルキルエーテル系、アセトフェノン系、ベンゾフェノン系、キサントン系、ベンゾインエーテル系、ベンジルケタール系等の重合開始剤を用いることができる。

[0180] なお、市販品では、例えば、メルク社製の「ダロキュア1173, 1116」、チバケミカル社製の「イルガキュア184, 369, 651, 907」、日本化薬社製の「カヤキュアDETX, EPA, ITA」、アルドリッチ社製の「DMPAP」等(何れも登録商標)をそのまま、あるいは適宜混合して用いることができる。

[0181] また、本実施の形態では、配向補助材Lとして、主に高分子鎖15(鎖状高分子)を形成する場合を例に挙げて説明したが、本発明はこれに限定されるものではなく、上記配向補助材Lとしては、電界印加による分子(液晶分子12)の配向を補助(促進)することができるものであればよい。

[0182] 上記配向補助材Lとしては、例えば、前記したように、網目状高分子化合物(網目状高分子材料)、環状高分子化合物(環状高分子材料)等であってもよい。上記網目状高分子化合物は、例えば、前記重合性化合物の重合時あるいは重合後に架橋剤を添加するか、あるいは、例えば自己架橋型の重合性化合物を使用する等、架橋反応により、得られる高分子化合物に三次元網目構造を導入することにより容易に得ることができる。同様に、環状高分子化合物もまた、用いる重合性化合物や添加剤を適切に選択することにより環化重合させる等して容易に得ることができる。なお、これら重合反応における重合条件は、これら重合反応が完了するように適宜設定すればよく、特に限定されるものではない。

[0183] なお、本実施の形態において、上記高分子化合物は、上記したように、電界印加による分子(液晶分子12)の配向を補助(促進)することができさえすればよく、その種類は特に限定されるものではないが、上記分子(液晶分子12)の配向を補助(促進)する上で、重合度(x)が8以上、5000以下の高分子化合物であることが好ましく、重合度(x)が10以上、1000以下の高分子化合物であることがより好ましい。

[0184] 上記重合度(x)とは、高分子化合物の分子量を、その単量体(構成単位)、つまり、用いた重合性化合物のモル質量で除した値を示す。上記重合度(x)が小さいと、得

られた配向補助材Lは、高分子化合物(重合体)の特性よりも、その単量体(重合性化合物)の特性を示す。このため、得られた配向補助材Lは、その構造(高分子化合物の構造)が脆弱であり、誘電性物質層3の配向を補助(促進)する効果を得ることが困難となる。また、重合度(x)が、 $x > 1000$ 、特に、 $x > 5000$ になると、高分子化合物同士の絡み合いがより密になり、三次元網目構造が得られ難くなる傾向にある。また、この場合、三次元網目構造が得られたとしても、該三次元網目構造によって形成される空間が狭くなるので、得られた高分子化合物は、電界印加による上記分子(液晶分子12)の配向を補助(促進)する効果が小さくなる傾向にある。よって、上記高分子化合物の重合度(x)は、上記範囲内であることが好ましい。

[0185] 上記誘電性物質層3内の上記高分子化合物の割合、つまり、上記媒質11中の上記高分子化合物の割合(具体的には、上記媒質11(液晶性媒質)と上記高分子化合物との総重量に対する上記高分子化合物の割合)は、0.05重量%~15重量%の範囲内であることが好ましい。これは、上記媒質11中の高分子化合物の濃度、すなわち、上記誘電性物質層3における硬化した部分の濃度(配向補助材Lの割合)が0.05重量%未満では、配向補助材Lとしての機能が低下し(配向規制力が弱く)、15重量%よりも多いと、配向補助材Lに印加される電界の割合が大きくなって駆動電圧が増大してしまうためである。

[0186] また、配向補助材Lは、必ずしも重合性化合物から形成する必要はない。例えば、配向補助材Lとして、前記したように、多孔質材料を用いてもよい。この場合、例えば、上記重合性化合物に代えて、チタン酸バリウム等のゾルゲル材料(多孔質材料)を、誘電性物質層3に封入する、液晶性媒質等の媒質11(誘電性物質(誘電性液体))に予め加えておけばよい。これにより、高分子鎖15からなる配向補助材Lを用いる場合と同等の効果を得ることができる。

[0187] 特に、上記配向補助材Lとして多孔質材料を使用する場合は、上記誘電性物質層3を挟持する上記基板13・14界面(例えば前記配向膜8・9)のみに配向処理を施した上で上記多孔質材料層を形成させると、上記基板13・14界面の異方性に応じて自己組織的に上記多孔質材料層(配向補助材L)を異方性成長させることが可能となる。従って上記多孔質材料を用いる場合は、配向補助材Lを、必ずしも上記液晶

性媒質が液晶相を呈している状態で形成させる必要がなく、製造プロセスの簡略化が実現できる。

- [0188] なお、本実施の形態において、上記多孔質材料としては、上記ゾルゲル材料以外に、例えば、図10(a)および図10(b)に示すように、内部に、基板面内方向に伸長(延伸)された微小細孔16aを有する微小細孔フィルム16を用いることができる。図10(a)および図10(b)は、本実施の形態にかかる表示素子20のさらに他の概略構成を示す断面模式図であり、図10(a)は、上記表示素子20における、電界(電圧)無印加時( $V=0$ )の液晶分子12の配向状態を模式的に示す断面模式図であり、図10(b)は、図10(a)に示す表示素子における、電界(電圧)印加時( $V>V_{th}$ (閾値))の液晶分子12の配向状態を模式的に示す断面模式図である。
- [0189] ここで、フィルム内部に、基板面内方向の1方向に伸長(延伸)された形状を有する微小細孔16aを備えた微小細孔フィルム16からなる配向補助材Lとして、メンブレンフィルタ等の、微小細孔を有する市販のフィルムを延伸してなるフィルムを微小細孔フィルム16とする配向補助材Lが形成された表示素子20の製造方法の一例(一製造例)について説明する。
- [0190] 上記微小細孔フィルム16からなる配向補助材Lが形成された表示素子20の製造方法において、基板1・2の表面に電極4・5をそれぞれ積層して基板13・14を形成するまでの工程は、前記した通りである。なお、上記配向補助材Lとして微小細孔フィルム16を形成する場合、上記基板13・14界面の配向膜はなくてもよい。本製造例においては、図10(a)および図10(b)に示すように、上記基板13・14の界面に配向膜は形成していない。また、本製造例においても、上記基板13・14を貼り合わせ、その間隙に媒質11を注入した後、上記注入口を封止してセルを完成させ、該セルの外側から偏光板6・7の貼付を行う。
- [0191] 但し、上記配向補助材Lとして上記微小細孔フィルム16を形成する場合には、これら基板13・14で、基板面内方向の1方向に延びる微小細孔16a(連通孔)が形成された上記微小細孔フィルム16を挟持するように、これら基板13・14を、後で注入する媒質11(誘電性液体)の注入口(図示せず)となる部分を除いて、シール材(図示せず)により上記基板13・14の周囲を封じて固定する。その後、上記基板13・14間に、

前記した媒質11を注入する。これにより、上記微小細孔フィルム16に設けられた微小細孔16aに上記媒質11が封入されてなる誘電性物質層3を形成することができる。なお、図10(a)および図10(b)中、微小細孔フィルム16の延伸方向を矢印Dにて示す。

[0192] 図10(a)および図10(b)に示すように、矢印Dにて示すように基板面内方向の1方向に延伸された微小細孔16aは、基板面内方向の1方向Dに伸びた楕円体形状となる。そしてこの中に注入された媒質11の液晶分子12は、図10(a)に示すように等方相中においては、配向方位が全くランダムな状態を呈していて、光学的には等方性である。しかし、この状態から、図10(b)に示すように、ある閾値( $V_{th}$ )を超える電圧( $V$ )を基板法線方向に印加すると、液晶分子12は、基板面内方向を向こうすると同時に、楕円体の微小細孔16aの影響、より具体的には、楕円体形状の微小細孔16aを形づくる壁(微小細孔外壁)の影響も受けて、ちょうど延伸方向Dと同じ方向に平均的に配向することになり、光学的異方性が発現する。

[0193] 偏光板6・7の吸収軸6a・7aは微小細孔フィルム16の延伸方向Dと45度の角度をなしていることが、光の利用効率上、好ましい。

[0194] 上記微小細孔フィルム16としては、例えば、前記したように、メンブレンフィルタ等の、微小細孔を有する市販のフィルムを延伸してなるフィルム等を使用することができる。該メンブレンフィルタとしては、具体的には、例えば、「ニュークリポアー」(商品名、野村マイクロ・サイエンス社製)「Isopore」(商品名、日本ミリポア社製)、「Hipore」(商品名、旭化成社製)、「Millipore」(商品名、日本ミリポア社製)、「ユーポア」(商品名、宇部興産製)等が挙げられる。

[0195] なお、上記メンブレンフィルタは、例えば、ポリカーボネート、ポリオレフィン、セルロース混合エステル、セルロースアセテート、ポリフッ化ビニリデン、アセチルセルロース、酢酸セルロースと硝酸セルロースとの混合物等、上記微小細孔フィルム16に封入される液晶性媒質等の誘電性物質と反応しない材質からなるものが好ましい。

[0196] 上記微小細孔フィルム16における微小細孔16aの延伸方向(楕円体長軸方向)の大きさ(すなわち長径)は、該微小細孔フィルム16(微小細孔16a)に上記媒質11を封入したとき、上記誘電性物質層3が光学的に等方的であるとともに、上記媒質11(



液晶分子12)を固定化することができることから、可視光の波長の1/4以下、具体的には、140nm以下であることが好ましく、100nm以下であることがより好ましい。これにより、上記誘電性物質層3が十分な透明状態を発現することが可能となる。

- [0197] また、上記微小細孔フィルム16の厚さは、50  $\mu$  m以下であることが好ましく、10  $\mu$  m以下であることがより好ましい。
- [0198] なお、上記微小細孔フィルム16の構造としては、螺旋状結晶等、捩れ構造を有するものであってもよい。このような微小細孔フィルム16としては、例えば、ポリオレフィン系のフィルムや、ポリペプチド系のフィルム等が挙げられる。
- [0199] 上記捩れ構造を有するポリペプチド系のフィルムとしては、螺旋構造、すなわち  $\alpha$  -ヘリックス形成能のある合成ポリペプチドが好ましい。
- [0200]  $\alpha$  -ヘリックス形成能のある合成ポリペプチドとしては、例えば、ポリ- $\gamma$ -ベンジルーL-グルタメート、ポリ- $\gamma$ -メチルーL-グルタメート、ポリ- $\gamma$ -エチルーL-グルタメート等のポリグルタミン酸誘導体;ポリ- $\beta$ -ベンジルーL-アスパルテート等のポリアスパラギン酸誘導体;ポリ-L-ロイシン;ポリ-L-アラニン;等が挙げられる。
- [0201] これら合成ポリペプチドは、市販のものあるいは文献等に記載の方法に準じて製造したものを、そのまま、あるいは、1, 2-ジクロロエタン、ジクロロメタン等の難水溶性のヘリックス溶媒等で希釈して用いることができる。
- [0202] また、市販の  $\alpha$  -ヘリックス形成能のある合成ポリペプチドとしては、例えば、「アジコートA-2000」(商品名、味の素株式会社製)、「XB-900」(商品名、味の素株式会社製)、「PLG-10, -20, -30」(商品名、協和発酵工業株式会社製)等の、ポリ- $\gamma$ -メチルーL-グルタメート等が挙げられる。
- [0203] 上記配向補助材Lとして上記したように捩れ構造を有する微小細孔フィルム16を用いた場合、媒質11(誘電性物質)がカイラル性を示すときに、該媒質11の捩れ構造と上記微小細孔フィルム16の捩れ構造が近い場合には大きな歪みが生じず、上記媒質11の安定性が高まる。また、上記配向補助材Lとして上記したように捩れ構造を有する微小細孔フィルム16を用いることで、上記媒質11カイラル性を示さない場合でも、上記微小細孔フィルム16の捩れ構造に沿って上記媒質11が配向するので、その

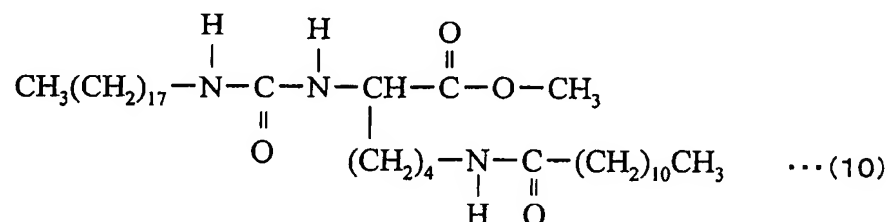
結果、上記媒質11がカイラル性を示す場合に近い性質を示す。

- [0204] さらに、上記配向補助材Lとして用いられるその他の多孔質材料としては、微粒子からなる多孔質無機層、例えば、ポリスチレン微粒子と $\text{SiO}_2$ 微粒子とからなる多孔質無機層を用いてもよい。
- [0205] ここで、上記多孔質無機層からなる配向補助材Lが形成された表示素子20の製造方法の一例（一製造例）について説明する。なお、以下の製造例においては、本製造例にて作製される表示素子20が、微小細孔フィルム16が設けられた前記表示素子20において、配向補助材Lとしての配向膜8・9および微小細孔フィルム16に代えて、上記多孔質無機層からなる配向補助材Lが形成されている構成を有している場合を例に挙げて説明するものとする。
- [0206] 上記配向補助材Lとして上記ポリスチレン微粒子と $\text{SiO}_2$ 微粒子とからなる多孔質無機層を形成する場合、まず、例えば、重量平均粒子径100nmのポリスチレン微粒子と、重量平均粒子径5nmの $\text{SiO}_2$ 微粒子が混合分散された水溶液中に、透明電極付きの基板として、例えば電極4・5が形成された基板1・2（ガラス基板）を浸漬し、引き上げ法にて、上記ポリスチレン微粒子と $\text{SiO}_2$ 微粒子との混合微粒子の自己集合現象を利用して数 $\mu\text{m}$ の膜厚の混合微粒子層を作成する。その後、高温下で焼成してポリスチレンを気化させることにより、図2あるいは図9等を示す配向膜8・9からなる配向補助材Lに代えて、孔径100nmの微小細孔を有する逆オパール構造の多孔質無機層が、配向補助材Lとして、上記電極4・5が形成された基板1・2表面に形成された基板（電極基板）を、配向補助材付きの基板13・14として得ることができる。その後、後で注入する媒質11（誘電性液体）の注入口（図示せず）となる部分を除いて、シール材（図示せず）により上記基板13・14の周囲を封じて固定し、これら基板13・14間に、前記した媒質11を注入することにより、上記多孔質無機層に設けられた微小細孔に上記媒質11が封入されてなる誘電性物質層3が形成されたセル（表示素子20）を得ることができる。
- [0207] また、上記誘電性物質層3内に形成される配向補助材Lとしては、図15に示すように、水素結合ネットワーク18（水素結合体）等を用いることもできる。ここで、水素結合ネットワークとは、化学結合ではなく、水素結合、つまり、例えば酸素・窒素・フッ素等

のように電気陰性度の大きい原子2個の間に水素原子が介在することによりできる結合によって形成された結合体を意味する。

- [0208] このような水素結合ネットワークは、例えば、「Norihito Mizoshita, Kenji Hanabusa, Takashi Kato, 「Fast and High-Contrast Electro-optical Switching of Liquid-Crystal line Physical Gels : Formation of Oriented Microphase-Separated Structures」, Advanced Functional Materials, APRIL 2003, Vol.13, No.4, p.313-317」(以下、「非特許文献1」と記す)に記載のゲル化剤(例えば上記非特許文献1のp.314, Fig.2参照、水素結合性材料)である、下記構造式(10)

[0209] [化6]



で示される化合物(Lys18)を、前記媒質11に対し、0.15mol%の割合で添加、混合することにより得ることができる。

- [0210] すなわち、本実施の形態においては、上記構造式(10)で示される化合物(Lys18)を、媒質11に対し0.15mol%の割合で混合することによって実現される、非特許文献1(p.314, Fig.1)に記載のゲル状態を示す水素結合ネットワーク18を、上記配向補助材Lとして用いることができる。このように、水素結合ネットワーク18を配向補助材Lとして用いる場合でも、重合性化合物を重合させて得られる配向補助材L(高分子鎖15)を用いる場合と同等の効果を得ることができる。

- [0211] すなわち、上記媒質11中で水素結合ネットワークを形成する化合物、例えば上記構造式(10)で示される化合物(Lys18)を、媒質11に添加、混合することによって、水素結合ネットワーク18(水素結合体)が、図15に示すように、配向膜8・9界面の配向処理方向A・Bに沿って表示素子20内部(セル内部)まで液晶分子12が一樣に配

向した状態のまま固定化されることになる。つまり、上記水素結合ネットワークは、1軸配向している液晶分子12をあるサイズで囲い込むような形でゲル状のネットワークを形成することで、電界印加時の光学的異方性の発現を促進する。

[0212] また、本実施の形態において、上記誘電性物質層3は、配向補助材Lに代えて、あるいは、図16(a)および図16(b)に示すように、配向補助材L(例えば配向膜8・9)に加えて、微粒子19を含んでいてもよい。

[0213] 図16(a)および図16(b)は、本実施の形態にかかる表示素子20のさらに他の概略構成を示す断面模式図であり、図16(a)は、上記表示素子20における、電界(電圧)無印加時( $V=0$ )の液晶分子12の配向状態を模式的に示す断面模式図であり、図16(b)は、図16(a)に示す表示素子における、電界(電圧)印加時( $V>V_{th}$ (閾値))の液晶分子12の配向状態を模式的に示す断面模式図である。

[0214] このように、本実施の形態においては、上記誘電性物質層3として、液晶分子12が可視光波長未満のサイズで放射状に配向した集合体で充填された、光学的に等方的に見えるような系を実現することも可能であり、その手法として、例えば、「白石幸英、外4名、「液晶分子で保護したパラジウムナノ粒子—調製とゲスト—ホストモード液晶表示素子への応用」、高分子論文集、2002年12月、Vol.59, No.12, p.753—759」(以下、「非特許文献2」と記す)に記載の液晶・微粒子分散系(溶媒(液晶)中に微粒子を混在させた混合系、以下、単に液晶微粒子分散系と記す)の手法を応用することも可能である。上記非特許文献2には、このような液晶微粒子分散系の例として、例えば、パラジウム粒子に4—シアノ—4'—ペンチルビフェニル(「5CB」(略称))を吸着させることで、「5CB」からなる液晶分子で保護されたパラジウムナノ粒子の分散液が開示されている。このような液晶微粒子分散系に電界を印加すれば、放射状配向の集合体に歪みが与えられ、光学変調を誘起させることが可能となる。

[0215] このように、例えば上記誘電性物質層3中に微粒子19を分散させた系においては、液晶分子12等の誘電性物質が、微粒子19の界面の影響(誘電性物質層3への微粒子19の界面の配向規制力)を受けて配向する。つまり、微粒子19の界面近傍の媒質11(誘電性物質)が、微粒子19の界面の影響を強く受けて配向し、さらにその周りの媒質11は、微粒子19を分散させた系全体が安定な状態(自由エネルギーが

小さい状態)になるように配向する。よって微粒子19が分散された系(誘電性物質層3)では、微粒子19の分散状態に起因して媒質11(誘電性物質)の配向状態が安定化される。このように上記誘電性物質層3が微粒子19を含有すること、言い換えれば、上記媒質11に微粒子19を添加することにより、電界無印加時における上記媒質11の配向状態(配向秩序)を安定化することができる。

[0216] すなわち、本実施の形態において、前記した配向補助材(配向補助材L)が電界印加時における媒質11の配向変化を促進することで媒質11の光学的異方性を安定化させているのに対し、上記微粒子19は、電界無印加時の媒質11中の分子(液晶性分子12)の配向を規制することで電界無印加時の媒質11の配向秩序(つまり、光学的等方性の状態)を安定化させる配向補助材(以下、「配向補助材N」と記す)として機能する。

[0217] この場合、上記誘電性物質層3は、液晶性物質等の誘電性材料(誘電性物質)と微粒子19とが封入されてなる。誘電性物質および微粒子19は、それぞれ、1種または2種以上のものにより構成される。上記誘電性物質層3は、上記誘電性材料(誘電性物質)中に微粒子19を分散させることにより、上記誘電性物質層3中に微粒子19が分散した形態となるようにすることが望ましい。

[0218] 本実施の形態において、微粒子(微粒子19)とは、その平均粒子径が $0.2\mu\text{m}$ 以下の微粒子を示す。このように、平均粒子径が $0.2\mu\text{m}$ 以下の微小な大きさの微粒子19を用いることにより、上記誘電性物質層3内における上記微粒子19の分散性が安定し、長時間経過しても微粒子19が凝集したり相が分離したりすることがない。従って、例えば、微粒子19が沈殿して局所的な微粒子19のムラが生じることより表示素子としてムラが生じることを、十分に抑制することができる。

[0219] 上記微粒子19としては、上記したように、平均粒子径が $0.2\mu\text{m}$ 以下の微粒子であれば特に限定されるものではないが、上記微粒子19としては、平均粒子径が $1\text{nm}$ 以上、 $0.2\mu\text{m}$ 以下の微粒子がより好ましく、平均粒子径が $3\text{nm}$ 以上、 $0.1\mu\text{m}$ 以下の微粒子がさらに好ましい。微粒子19の粒子径が $1\text{nm}$ 未満の場合、微粒子19の表面は活性になる。このため、上記微粒子19の平均粒子径が $1\text{nm}$ 未満の場合、微粒子19同士が凝集し易くなる。これに対し、上記微粒子19の粒子径が大きくなると、

微粒子19の表面はあまり活性ではなくなる。このため、上記微粒子19は、その平均粒子径が大きくなるに従って凝集し難くなる。また、平均粒子径が $0.2\mu\text{m}$ 以下の微粒子19を使用することにより、微粒子19の分散性が安定する。

- [0220] また、各微粒子19の粒子間距離は200nm以下であることが好ましく、190nm以下であることがさらに好ましい。また、本実施の形態においては、上記微粒子19は、媒質11(誘電性物質)の配向を規制すべく、粒子間に媒質11が入る空間を必要とするため、各微粒子19は互いに離間している(つまり、上記粒子間距離は0ではない)ことが好ましく、上記粒子間距離は数nm以上(例えば、用いる媒質11の分子長以上)であることがより好ましい。例えば、上記5CBの分子長は約3nmであるため、上記粒子間距離は3nm以上であることが好ましい。
- [0221] 一般的に、三次元的に分布した粒子に光を入射すると、ある波長において回折光が生じる。この回折光の発生を抑制すれば、光学的等方性が向上し、表示素子のコントラストが上昇する。
- [0222] 三次元的に分布した粒子によって回折される回折光の波長 $\lambda$ は、これら粒子に入射する光の角度(入射角度)にも依存するが、概ね、 $\lambda = 2d$ で与えられる。ここで、 $d$ は粒子間距離である。
- [0223] 通常、上記回折光の波長 $\lambda$ が400nm以下であれば、人間の目にほとんど認識されない。このため、本実施の形態において、上記配向補助材Nとして用いられる微粒子19による回折光の波長の $\lambda$ は、 $\lambda \leq 400\text{nm}$ とすることが好ましく、その場合、上記微粒子19の粒子間距離 $d$ を、200nm以下とすればよい。
- [0224] さらに、国際照明委員会CIE (Commission Internationale de l'Eclairage)では、人間の目で認識できない波長は380nm以下と定めている。このため、 $\lambda \leq 380\text{nm}$ とすることがさらに好ましく、その場合、上記微粒子19の粒子間距離 $d$ を190nm以下とすればよい。
- [0225] 上記誘電性物質層3に封入する微粒子19は、上記したように、平均粒子径が $0.2\mu\text{m}$ 以下の微粒子であれば特に限定されるものではなく、透明なものであっても不透明なものであってもよい。また、上記微粒子19としては、高分子化合物からなる微粒子等の有機質微粒子であってよく、無機質微粒子や金属系微粒子等であってよく

い。

- [0226] 上記微粒子19として有機質微粒子を用いる場合、該有機質微粒子としては、ポリマー形態のビーズを用いることが好ましい。例えば、ポリスチレンビーズ、ポリメチルメタクリレートビーズ、ポリヒドロキシアクリレートビーズ、ジビニルベンゼンビーズ等のポリマービーズ形態の微粒子を用いることが好ましい。また、これら有機質微粒子は架橋されていてもよく、架橋されていなくてもよい。
- [0227] また、上記微粒子19として無機質微粒子を用いる場合、該無機質微粒子としては、例えば、ガラスビーズやシリカビーズ等の微粒子を用いることが好ましい。
- [0228] また、上記微粒子19として金属系微粒子を用いる場合、該金属系微粒子としては、アルカリ金属、アルカリ土類金属、遷移金属、希土類金属からなる群より選ばれる少なくとも一種の金属からなる微粒子が好ましい。例えば、上記金属系微粒子としては、チタニア、アルミナ、パラジウム、銀、金、銅、あるいはこれら金属元素の酸化物等からなる微粒子を用いることが好ましい。これら金属系微粒子は、1種類の金属のみからなるものであってもよいし、2種類以上の金属を、合金化もしくは複合化してなるものであってもよい。例えば、上記金属系微粒子としては、銀粒子の周りが、チタニアおよび／またはパラジウムで覆われた微粒子であってもよい。銀粒子だけで金属微粒子を構成すると、銀の酸化により表示素子の特性が変化するおそれがある。しかしながら、パラジウム等の金属で銀の表面を覆うことにより、銀の酸化を防ぐことができる。また、ビーズの形態の金属系微粒子は、上記微粒子としてそのまま用いてもよく、加熱処理したものや、ビーズ表面(つまり、ビーズの形態の金属系微粒子表面)に有機物を付与したものを上記微粒子19として用いてもよい。なお、この場合に上記ビーズ表面に付与する有機物としては、液晶性を示すものが好ましい。ビーズ表面に液晶性を示す有機物を付与することにより、液晶性分子に沿って、周辺部の媒質11(誘電性物質)が配向し易くなる。つまり、配向規制力が強くなる。
- [0229] また、上記金属系微粒子表面(例えば上記金属微粒子の表面)に付与する有機物の割合は、金属1モルに対して、1モル以上、50モル以下の範囲内であることが好ましい。
- [0230] 上記の有機物を付与した金属系微粒子は、例えば、金属イオンを溶媒に溶解また

は分散してから、上記有機物と混合し、これを還元することによって得られる。上記溶媒としては、水、アルコール類、エーテル類等を用いることができる。

[0231] また、上記誘電性物質層3内に分散させる微粒子19としては、フラーレンおよび／またはカーボンナノチューブで形成された微粒子を用いてもよい。上記フラーレンとしては、炭素原子を球殻状に配置したものであればよく、例えば炭素原子数が24～96の安定した構造のものが好ましい。このようなフラーレンとしては、例えば、炭素原子が60個からなるC60の球状閉殻炭素分子群等が挙げられる。また、カーボンナノチューブとしては、単層カーボンナノチューブを用いてもよく、多層カーボンナノチューブ（例えば2～数十原子層）を用いてもよい。また、上記カーボンナノチューブとしては、円錐状のカーボンナノコーン（ナノホーン）を用いてもよい。上記カーボンナノチューブとしては、1～10原子層のグラファイト状炭素原子面を丸めた円筒形状のナノチューブが好適に使用される。

[0232] 上記微粒子19の形状は特に限定されるものではなく、例えば、球状、楕円体状、塊状、柱状、錐状、または、これらの形状においてさらに突起が設けられている形状（形態）、あるいは、これらの形状に孔が設けられている形状（形態）等であってもよい。また、微粒子19の表面形態についても特に限定されるものではなく、例えば、平滑であってもよく、凹凸や孔、溝を有していてもよい。

[0233] 本実施の形態において、上記誘電性物質層3における微粒子19の濃度（含有量）は、該微粒子19と、上記誘電性物質層3に封入される誘電性物質（媒質11）との総重量に対して、0.05重量％～20重量％の範囲内とすることが好ましい。上記誘電性物質層3における微粒子19の濃度が0.05重量％～20重量％の範囲内となるように調整することにより、上記微粒子19の凝集を抑制することができる。一方、上記誘電性物質層3における微粒子19の濃度（含有量）が0.05重量％未満であると、上記誘電性物質（媒質11）に対する微粒子19の混合比が少ないため、微粒子19による配向補助材Nとしての作用効果が十分に発揮されないおそれがある。また、上記誘電性物質層3における微粒子19の濃度（含有量）が20重量％を超えると、上記誘電性物質（媒質11）に対する微粒子19の混合比率が多すぎて微粒子が凝集し、それに起因して配向規制力が弱まるばかりか、光が散乱してしまうおそれがある。



- [0234] なお、本実施の形態では、主に、上記表示素子20が、配向補助材Lを用いて電界印加時の光学的異方性の発現を促進することにより表示を行う場合を例に挙げて説明したが、本発明はこれに限定されるものではなく、例えば、誘電性物質層3として、ネマティック液晶相を示す液晶性媒質にカイラル剤を多量に添加した系、特に、このような系において発現することがあるコレステリックブルー相(青色相(BP相;Blue Phase))を示す液晶性媒質を用いて表示を行う構成としてもよい。
- [0235] 上記ネマティック液晶相は、前記した棒状の液晶分子12において、ランダムな重心配置に長軸方向の秩序のみが加わった、最も対象性が高い液晶相であり、上記コレステリックブルー相は、上記ネマティック液晶相を出発点として上記液晶分子12に掌性を導入することにより、螺旋構造を有し、螺旋軸に沿った周期構造が高次構造としてネマティック相に重畳した構造を有している。上記コレステリックブルー相は、微視的(局部的)には下次のネマティック相と基本的には同じ構造を有し、巨視的には、螺旋軸が三次元的に周期構造を形成している構造を有している(例えば「Hirotugu Kikuchi、外4名、「Polymer-stabilized liquid crystal blue phases」, p. 64-68, [online], 2002年9月2日, Nature Materials, vol. 1, [2003年7月10日検索], インターネット<URL:http://www.nature.com/naturematerials>」(「非特許文献3」)、および、「Michi Nakata、外3名、「Blue phases induced by doping chiral nematic liquid crystals with nonchiral molecules」, PHYSICAL REVIEW E, The American Physical Society, 29 October 2003, Vol.68, No.4, p.04710-1~04701-6」(「非特許文献4」)参照)。
- [0236] 上記コレステリックブルー相は、温度上昇させたときに、カイラルネマティック相よりも高い温度領域において見られる相であり、電界無印加時には光学的等方性、電界印加時には光学的異方性を示す。
- [0237] 但し、上記コレステリックブルー相は、電界無印加時に、完全なアイソトロピック相(等方相)ではなく、可視光波長程度以下のサイズで、三次元的周期構造を示すことが知られている。
- [0238] 上記コレステリックブルー相は、ある温度範囲内で、上述したように一定の周期構造を有しており、温度上昇に対して比較的安定に存在している。よって、上記コレステリックブルー相を示す液晶性媒質を用いて表示を行う場合、コレステリックブルー相は

自発的に安定化しているので、前記したように配向補助材Lで光学的異方性の発現を促進させる必要がなく、プロセスを簡略化することが可能となる。

- [0239] 本実施の形態において用いられる上記コレステリックブルー相を示す液晶性媒質としては、具体的には、例えば、「JC-1014XX」(商品名、チソ社製のネマティック液晶混合体)、4-シアノ-4'-ペンチルビフェニル(「5CB」(略称)、アルドリッチ社製)、カイラルドーパント(メルク社製の「ZLI-4572」(商品名))を、各々、48.2mol%、47.4mol%、4.4mol%の割合で混合してなる混合物が挙げられる。上記化合物を上記の割合で混合すると、331.8K~330.7Kにおける1.1Kの温度範囲で、上記コレステリックブルー相が発現する。
- [0240] また、コレステリックブルー相を示すその他の物質(液晶性媒質)の例としては、例えば、JC1041XX(ネマティック液晶混合体、チソ社製)を50.0重量%、5CB(4-cyano-4'-pentyl biphenyl、ネマティック液晶、アルドリッチ(Aldrich)社製)を38.5重量%、ZLI-4572(カイラル剤、メルク(Merck)社製)を11.5重量%の組成で混合(調製)した物質(試料)が挙げられる。この物質(試料)は、約53℃以下で、液体的な等方相から光学的な等方相に相転移した。この物質の螺旋ピッチは約220nmであり、呈色は見られなかった。
- [0241] また、上記混合試料を87.1重量%、TMPTA(trimethylolpropane triacrylate、アルドリッチ(Aldrich)社製)を5.4重量%、RM257を7.1重量%、DMPA(2,2-dimethoxy-2-phenyl-acetophenone)を0.4重量%の割合で混合し、コレステリック-コレステリックブルー相転移温度近傍においてコレステリックブルー相に保ちながら紫外線を照射して、光反応性モノマーを重合した試料を作成した。この試料がコレステリックブルー相を示す温度範囲は、上記混合試料よりも広がった。
- [0242] また、本発明に適したコレステリックブルー相は光学波長未満の欠陥秩序を有しているので、光学波長領域では概ね透明であり、概ね光学的に等方性を示す。ここで、概ね光学的に等方性を示すというのは、コレステリックブルー相は液晶の螺旋ピッチを反映した色を呈するが、この螺旋ピッチによる呈色を除いて、光学的に等方性を示すことを意味する。なお、螺旋ピッチを反映した波長の光を選択的に反射にする現象は、選択反射と呼ばれる。この選択反射の波長域が可視域に無い場合にはコレステ

リックブルー相、つまり、上記液晶性媒質(媒質11)が呈色しない(呈色が人間の目に認識されない)が、可視域にある場合には、コレステリックブルー相は、その波長に対応した色を示す。

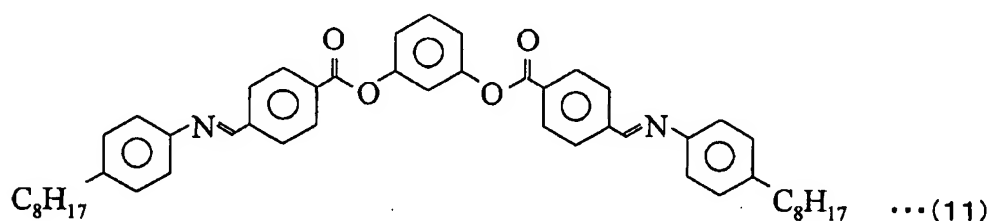
- [0243] ここで、400nm以上の選択反射波長域または螺旋ピッチを持つ場合、コレステリックブルー相では、その螺旋ピッチを反映した色に呈色する。すなわち、可視光が反射されるので、それによってコレステリックブルー相が呈する色が人間の目に認識されてしまう。従って、例えば、本発明の表示素子でフルカラー表示を実現してテレビ等に応用する場合、その反射ピークが可視域にあるのは好ましくない。
- [0244] なお、選択反射波長は、上記液晶性媒質(媒質11)における螺旋軸への入射角度にも依存する。このため、上記液晶性媒質の構造が一次元的ではないとき、つまりコレステリックブルー相のように三次元的な構造を持つ場合には、光の螺旋軸への入射角度は分布を持ってしまう。したがって、選択反射波長の幅にも分布ができる。
- [0245] このため、コレステリックブルー相の選択反射波長域または螺旋ピッチ、つまり、上記誘電性物質層3における液晶性媒質の選択反射波長域または螺旋ピッチは、可視光波長以下(可視光波長域以下)、つまり400nm以下であることが好ましい。コレステリックブルー相の選択反射波長域または螺旋ピッチが400nm以下であれば、上記のような呈色が人間の目にほとんど認識されない。
- [0246] また、前記したように、国際照明委員会CIEでは、人間の目の認識できない波長は380nm以下であると定められている。従って、コレステリックブルー相の選択反射波長域または螺旋ピッチは、380nm以下であることがより好ましい。この場合、上記のような呈色が人間の目に認識されることを確実に防止できる。
- [0247] また、上記のような呈色は、螺旋ピッチ、入射角度だけでなく、媒質の平均屈折率とも関係する。このとき、呈色する色の光は波長 $\lambda = nP$ を中心とした波長幅 $\Delta \lambda = P \Delta n$ の光である。ここで、 $n$ は平均屈折率、 $P$ は螺旋ピッチである。また、 $\Delta n$ はネマティック相状態での屈折率異方性である。
- [0248]  $\Delta n$ は、物質によりそれぞれ異なるが、例えば液晶性物質を上記媒質11として用いた場合、一般的に、液晶性物質の平均屈折率 $n$ は1.4~1.6程度、 $\Delta n$ は0.1~0.3程度である。この場合、呈色する色を可視域外とするためには、上記螺旋ピッチ $P$

は、 $\lambda = 400$ 、 $n = 1.5$ とすると、 $400 / 1.5 \text{ nm} (= 267 \text{ nm})$ になり、 $\lambda = 400$ 、 $n = 1.6$ とすると、 $400 / 1.6 \text{ nm} (= 250 \text{ nm})$ になる。また、 $\Delta \lambda$ は、例えば  $\Delta n = 0.1$ 、 $n = 1.5$ の場合、 $0.1 \times 267 \text{ nm} (= 26.7 \text{ nm})$ になり、 $\Delta n = 0.3$ 、 $n = 1.6$ の場合、 $0.3 \times 250 \text{ nm} (= 75 \text{ nm})$ になる。従って、平均屈折率 $n$ が大きく、 $\Delta \lambda$ を大きく見積もった場合 ( $\Delta n = 0.3$ 、 $n = 1.6$ の場合)、上記媒質11の螺旋ピッチ $P$ を、250nmから75nmの約半分である37.5nmを引いた213nm以下とすることにより、このような呈色を防止することができる。

[0249] また、上記媒質11の螺旋ピッチ $P$ は、200nm以下であることがさらに好ましい。上記の説明では、 $\lambda = nP$ の関係において、 $\lambda$ を400nm(人間の目が概ね認識できない波長)としたが、 $\lambda$ を380nm(人間の目が確実に認識できない波長(国際照明委員会CIEが人間の目では認識できない波長として定めている波長))とした場合には、媒質11の平均屈折率 $n$ を考慮した場合に上記のような呈色を防止するための上記媒質11の螺旋ピッチ $P$ は200nm以下となる。従って、上記媒質11の螺旋ピッチを200nm以下とすることにより、上記ような呈色を確実に防止することができる。

[0250] また、上記コレステリックブルー相を示す他の物質としては、例えば、「ZLI-2293」(商品名、メルク社製の混合液晶)、下記構造式(11)

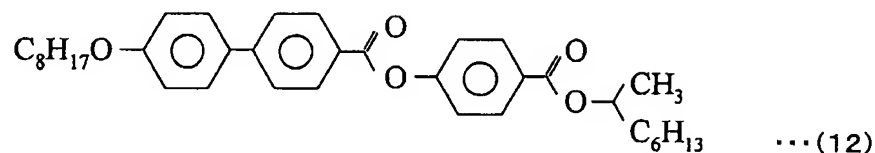
[0251] [化7]



で示される化合物(パナナ型(屈曲型)液晶、クラリアント社製の「P8PIMB」(略称))、カイラルドーパント(メルク社製の「MLC-6248」(商品名))を、各々、67.1重量%、15重量%、17.9重量%の割合で混合してなる混合物が挙げられる。該混合物は、77.2℃～82.1℃の温度範囲でコレステリックブルー相を示した。

[0252] また、上記混合物以外にも、上記「ZLI-2293」(メルク社製の混合液晶)を67.1%、下記構造式(12)

[0253] [化8]



で示される化合物(直線状液晶、クラリアント社製の「MHPOBC」(商品名))を15%、カイラルドーパント(メルク社製の「MLC-6248」(商品名))を17.9%の割合で混合してなる混合物も、83.6℃～87.9℃の温度範囲でコレステリックブルー相を示した。

[0254] なお、上記「ZLI-2293」と「MLC-6248」とを混合するだけではコレステリックブルー相を発現させることはできなかったが、バナナ型(屈曲型)の液晶材料(液晶性媒質)である前記構造式(11)で示される化合物や、直線状の液晶材料(液晶性媒質)である前記構造式(12)で示され化合物を添加することにより、コレステリックブルー相を示した。

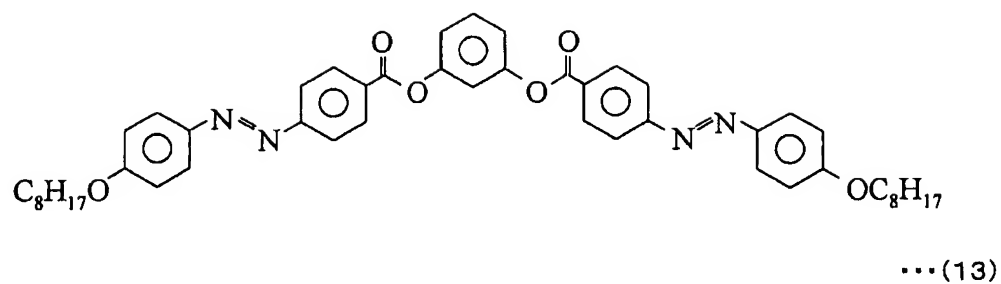
[0255] なお、本実施の形態において用いられる直線状の液晶材料(直線状液晶)としては、ラセミ体を用いてもよく、カイラル体を用いてもよい。上記直線状液晶としては、前記構造式(11)で示される化合物(具体的には、上記「MHPOBC」)のように、反傾構造(一層ごとに異なる方向を向いている)を有する化合物が好ましい。

[0256] また、バナナ型(屈曲型)の液晶材料(バナナ型(屈曲型)液晶)における屈曲部(結合部)は、フェニレン基等のベンゼン環以外に、ナフタレン環やメチレン鎖等により形成されていてもよい。また、上記屈曲部(結合部)には、アゾ基が含まれていてもよい。

[0257] 上記バナナ型(屈曲型)液晶としては、上記「P8PIMB」以外にも、例えば、下記構

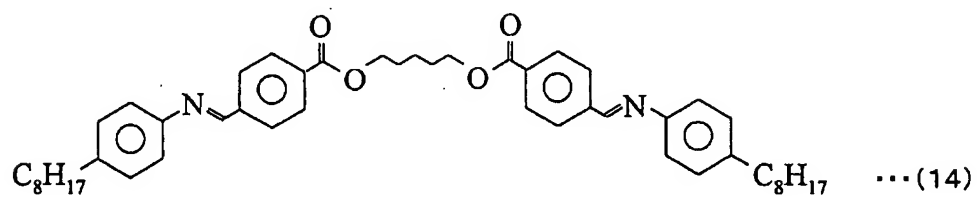
造式(13)

[0258] [化9]



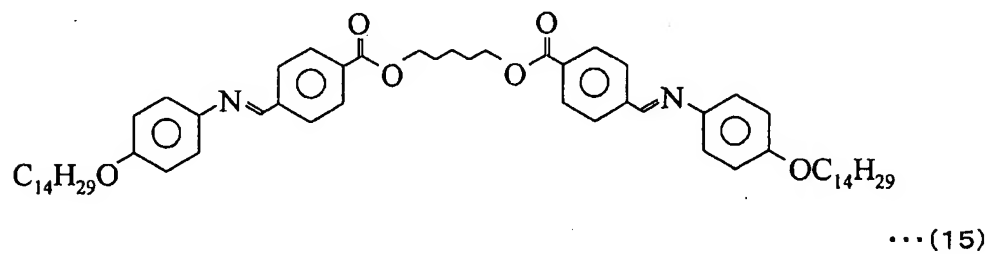
で示される化合物(「Azo-80」(略称)、クラリアント社製)、下記構造式(14)

[0259] [化10]



で示される化合物(「8Am5」(略称)、クラリアント社製)、下記構造式(15)

[0260] [化11]



で示される化合物(「14OAm5」(略称)、クラリアント社製)等が挙げられるが、これら化合物にのみ限定されるものではない。

[0261] なお、本実施の形態にかかる表示素子20のように上記誘電性物質層3内に高分子化合物を固定化(安定化)してなる表示素子、あるいは、多孔質材料等で液晶材料(液晶性媒質)を小領域に分割して閉じ込めた表示素子等においては、上記高分子化合物や多孔質材料の含有量に応じて印加電圧降下(電圧ドロップ)が生じる場合がある。つまり、上記した構造を有する表示素子20においては、上記高分子化合物や多孔質材料で印加電圧が消費される分だけ、上記表示素子20の駆動電圧が上昇してしまう。

[0262] しかしながら、本実施の形態では、前記したように、上記誘電性物質層3に使用する液晶材料(ネガ型液晶性混合物)の屈折率異方性 $\Delta n$ 並びに誘電率異方性 $\Delta \epsilon$ を、前記した範囲内、好適には、例えば、 $\Delta n \geq 0.20$ 、および、 $|\Delta \epsilon| \geq 20$ の範囲内に設定している。この場合、駆動電圧は、既に、従来のTFT素子構造、従来の汎用ドライバを用いて駆動可能な6.8Vという値が見積もられている。従って、たとえ上記高分子化合物や多孔質材料の固定化によって駆動電圧が例えば3倍弱増大して18Vになったとしても、18Vという駆動電圧であれば、TFT素子のゲート電極の耐圧(ゲート耐圧)が、51Vで対応可能であり、第1目標とした24V駆動の場合におけるゲート耐圧の限界値63Vよりも12Vも低くて済む。従って、この場合にも、ゲート電極の膜厚や膜質のマージンを従来よりも増加させることができ、より製造し易く、より現実的な素子構造を実現することが可能となる。

[0263] 従って、本実施の形態によれば、上記の構成とすることで、若干の素子構造面、駆動回路面におけるコストアップはあるが、広い温度範囲で駆動可能な表示素子を実現することができ、実用化への大きな前進となることは言うまでもない。

[0264] なお、本実施の形態では、例えば図2および図5等に示すように、主に、配向膜8・9をアンチパラレルに配向処理(ラビング)するとともに、上記配向処理方向(ラビング方向)A・Bと、上下の偏光板6・7とのなす角度を $45^\circ$ に設定した場合を例に挙げて説明したが、本発明はこれに限定されるものではない。

[0265] 例えば、図11および図12に示すように、互いに直交する方向に配向膜8・9を配向

処理(例えばラビング処理)し、上下の基板13・14で、これら基板13・14表面の配向処理方向(例えば配向膜8・9のラビング方向)と偏光板6・7の吸収軸方向とを、互いに平行あるいは直交配置とする、従来のTN-LCDのような構成にしてもよい。この場合にも、TFT素子の耐圧上、駆動可能な範囲内の電圧値まで低電圧化することが可能となり、実用化への道が大きく開ける。

[0266] 但し、上記したような、図11および図12に示す配置は、いわゆるTN(Twisted Nematic)タイプであり、その光の利用効率が最大になる条件は、ファーストミニмум条件(1st minimum condition)と呼ばれるもので、 $350(\text{nm}) \leq \Delta n \times d \leq 650(\text{nm})$ 、より好ましくは、 $400(\text{nm}) \leq \Delta n \times d \leq 550(\text{nm})$ である。

[0267] また、本実施の形態にかかる表示素子20は、図13および図14に示すように偏光板6・7を設け、上記誘電性物質層3を構成する媒質11が、一方向の掌性のみの振れ構造を有する構成としてもよい。この場合にも、従来のTFT素子の耐圧上、駆動可能な範囲内の電圧値まで低電圧化することが可能となり、実用化への道が大きく開ける。

[0268] 但し、図13に示すような一方向掌性の振れタイプでは、光の利用効率を勘案した場合、振れのピッチは、可視光波長範囲内、あるいは可視光波長範囲未満の範囲内であることが好ましい。

[0269] ここで、一方向の掌性を示す媒質11(液晶性媒質)としては、例えば、該媒質自身がカイラル性を有する(光学的に活性な)カイラル物質を用いてもよい。上記媒質11(液晶性媒質)が上記カイラル物質からなる場合、上記媒質11は光学的に活性なため、媒質11自身が自発的に振れ構造をとり、安定な状態になる。カイラル性を有するカイラル物質としては、分子中に不斉炭素原子(キラル中心)を有する化合物であればよい。

[0270] このようなカイラル物質としては、具体的には、例えば、4-(2-メチルブチル)フェニル-4'-オクチルビフェニル-4-カルボキシレート等が挙げられるが、上記例示の化合物にのみ限定されるものではない。

[0271] また、上記一方向の掌性を示す媒質11(液晶性媒質)としては、例えば、前記した各種バナナ型(屈曲型)液晶のように、それ自身は不斉炭素原子を持たない(つまり



、分子自体はカイラル性を持たない)が、分子形状の異方性とパッキング構造とにより、系としてカイラル性が発生する分子を含む媒質でもよい。

[0272] また、その他、液晶用途として一般的なカイラル剤(カイラルドーパント)を液晶材料に適当な濃度で混合したカイラル剤添加液晶材料としてもよい。

[0273] このような表示素子20においては、図13に示すように、電極4・5間に電界を印加すると、電界印加によって生じる短距離分子間相互作用により、一方向の掌性、すなわち、右振れあるいは左振れの何れか一方のみの振れ構造(ツイスト構造)を有するクラスタ17…(液晶分子12の小集団)が発生して旋光性を生じる。すなわち、上記表示素子20における、光学的異方性が発現している状態における液晶分子12の配向方向は、一方向の掌性のみの振れ構造となる。

[0274] 従って、上記表示素子20は、それぞれのクラスタ17(各振れ構造)の方位に相関性がなくても、一定の旋光性を有するため、全体として、大きな旋光性を発現することができる。このため、最大透過率が得られる電圧は、従来よりもさらに低くなる。

[0275] 特に、上記媒質11(液晶材料)にカイラル剤が添加されていると、上記媒質11中の液晶分子12の配向方向を確実に、一方向の掌性のみの振れ構造とすることができる。

[0276] つまり、カイラル剤は、隣接する液晶分子12と互いに振れ構造をとる。この結果、液晶性媒質(液晶性物質)の分子間の相互作用のエネルギーが低くなり、上記液晶性媒質は自発的に振れ構造をとり、構造が安定化する。それゆえ、カイラル剤を含む媒質11(誘電性物質)は、上記ネマティック-アイソトロピック相転移温度 $T_{ni}$ 近傍の温度では、急激な構造変化が起こらず、光学的等方性を有する液晶相(ネマティック液晶相)が発現し、相転移温度を低下させることができる。

[0277] このようなカイラル剤としては、例えば、前記した「ZLI-4572」(商品名、メルク社製)、「MLC-6248」(商品名、メルク社製)の他、「C15」(商品名、メルク社製)、「CN」(商品名、メルク社製)、「CB15」(商品名、メルク社製)等が挙げられるが、これら例示のカイラル剤にのみ限定されるものではない。

[0278] 上記媒質11がカイラル剤を含む場合、例えば上記媒質11として上記したカイラル剤添加液晶材料を使用する場合、上記媒質11におけるカイラル剤の濃度は、上記

媒質11における液晶性媒質(液晶性物質)の構造を安定化させることが可能な濃度であれば、特に限定されるものではなく、用いるカイラル剤の種類、表示素子の構成、または設計等に応じて適宜設定すればよいが、上記カイラル剤添加液晶材料の捩れ量、すなわち捩れのピッチ(カイラルピッチ)が、可視光波長領域内か、もしくは可視光波長未満となるように設定されていることが、低電圧駆動化、高透過率化を図る上で好ましい。

- [0279] 上記カイラルピッチが可視光波長領域内か、もしくは、可視光波長未満であると、上記媒質11中に電界印加によって生じる、カイラル剤の自発的捩れ方向に起因した一方向の捩れによって、入射した光に旋光性が生じ、効率良く光を取り出すことが可能となる。この結果、低い電圧で最大透過率を得ることができ、駆動電圧が低く、かつ、光の利用効率に優れた表示素子20を実現することができる。カイラル剤添加液晶のような光学活性物質で偏光面回転現象を顕在化させるには、一方向の掌性のカイラルピッチ(ナチュラルカイラルピッチ)が、上記条件を満たしていることが望ましい。
- [0280] そして、このためには、例えば、上記カイラル剤添加液晶材料における上記カイラル剤の含有量、すなわち、上記液晶性媒質(好適には前記ネガ型液晶性混合物)とカイラル剤との合計量における上記カイラル剤の割合(カイラル添加濃度)は、8重量%以上、80重量%以下の範囲内に設定されていることが好ましく、30重量%以上、80重量%以下の範囲内に設定されていることがより好ましい。
- [0281] 上記媒質11においてカイラル剤を、好適には8重量%(カイラル添加濃度)以上添加すること、言い換えれば、上記媒質の捩れのピッチ(ナチュラルカイラルピッチ)を、可視光波長以下、すなわち、可視光波長領域内もしくは可視光波長未満とすることで、駆動温度領域の拡大傾向が得られる。そしてより好適には、上記媒質においてカイラル剤を30重量%(カイラル添加濃度)以上添加することで、駆動温度領域の拡大に加え、駆動電圧の低減、および、光の利用効率の向上が実現され、電界の印加により効果的に光学的異方性の程度を変化させることが可能となる。
- [0282] また、上記液晶性媒質とカイラル剤との合計量における上記カイラル剤の割合が30重量%以上であると、上記媒質11中の液晶分子12に、カイラル剤が有する捩れ力(Helical twist power)を効果的に作用させて、上記液晶分子12・12間に、近接距離

の相互作用 (short-range-order) を及ぼすことができる。このため、上記したように上記液晶性媒質に対するカイラル剤の添加割合を制御することで、上記したようにカイラルピッチを、可視光波長領域か、もしくは可視光波長以下となるように制御することができる。しかも、上記の構成によれば、電界無印加時には光学的等方性を有する上記媒質11に、電界印加によって上記媒質11中の液晶分子12を、該液晶分子12の小集団(クラスタ)として応答させることができるので、従来、非常に狭い温度範囲でしか発現できなかった光学的異方性を、より広い温度範囲で発現させることができる。

[0283] なお、カイラルピッチの下限値は、表示素子20の特性上、短ければ短い程、好ましい。但し、上記したように、上記媒質11として上記したカイラル剤添加液晶材料を使用する場合(つまり、カイラル剤を液晶性物質に添加する場合)、カイラル剤の添加量が多くなりすぎると、誘電性物質層3全体としての液晶性が低下するという問題が生じる。液晶性の欠如は、電界印加時における光学的異方性の発生度合いの低下に繋がり、表示素子としての機能の低下を招く。従って、表示素子としての機能を果たす上で、誘電性物質層3全体として少なくとも液晶性を呈していなければならないという要請から、上記カイラル添加濃度の上限値が決まる。本願本発明者等の解析によれば、誘電性物質層3中における液晶性物質の割合は、前記したように、20重量%以上であることが好ましく、該液晶性物質の割合が20重量%未満の場合、十分な電気光学効果を得ることができないおそれがあることがわかった。すなわち、本願本発明者等の解析によれば、上記カイラル添加濃度の上限濃度は80重量%であることが判った。

[0284] なお、上記カイラル剤の濃度(カイラル濃度)の上限値(カイラルピッチで言う下限値)が適用されるのは、上記のように、カイラル剤を液晶性媒質(液晶性物質)に添加する場合に限られ、カイラル剤のような添加物質を用いることなく、媒質11自体が既に一方向の掌性を有しているような媒質11においては、上記したカイラルピッチの下限値は適用されない。

[0285] 本実施の形態にかかる表示素子20において、媒質11として使用することができる物質は、ネマティック液晶相を示す液晶性媒質を含み、かつ、電界無印加時に光学

的等方性を示し、電界の印加により光学的異方性を発現すると共に、上記ネマティック液晶相を示す液晶性媒質のネマティック相状態における  $\Delta n \times |\Delta \epsilon|$  が前記した条件を満足するものであれば、例えば、カー効果を示す物質であっても、ポッケルス効果を示す物質であっても、その他の有極性分子等であってもよく、これらの混合物であってもよい。

[0286] 特に、電界の2次(2乗)に比例して発現する屈折率の変化は、応答速度が速いという利点を有している。このため、電界の2次に比例して屈折率に変化する媒質11、すなわち、カー効果を示す媒質11(液晶性媒質)を用いた誘電性物質層3は、電界の印加によって液晶分子12の配向方向が変化し、1つの分子内での電子の偏りを制御することにより、ランダムに配列した個々の液晶分子12が各々別個に回転して向きを変えることから、上記したように応答速度が非常に速いのみならず、上記媒質11を構成する各液晶分子12が無秩序に配列していることから、視角制限がない。よって、上記の構成によれば、高速応答性および広視野角特性により優れた表示素子を実現することができる。また、この場合、駆動電圧を大幅に低減することが可能であり、その実用的価値は極めて高い。

[0287] また、上記誘電性物質層3に、有極性分子を含有する媒質11が封入されていることで、電界印加によって上記有極性分子の分極が発現し、上記有極性分子の配向をさらに促進することができるので、より低い電圧で光学的異方性を発現させることができる。なお、このとき、上記一対の基板13・14間に前記配向補助材Lが形成されていることで、前記配向補助材Lによって上記有極性分子の配向をさらに促進することができ、より低い電圧で光学的異方性を発現させることができ、駆動電圧の低電圧化が実現される。

[0288] 従って、上記媒質11としては、有極性分子を含有することが望ましい。上記有極性分子としては、特に限定されるものではないが、例えばニトロベンゼン等が、好適に使用される。なお、ニトロベンゼンもカー効果を示す媒質の一種である。

[0289] なお、上記媒質11は、液晶性物質に限らず、電界印加時または電界無印加時に光の波長以下の秩序構造(配向秩序)を有することが好ましい。秩序構造が光の波長以下であれば、光学的に等方性を示す。従って、電界印加時または電界無印加

時に秩序構造が光の波長以下となる媒質11を用いることにより、電界無印加時と電界印加時における表示状態を確実に異ならせることができる。

[0290] なお、本実施の形態では、配向補助材Lを形成する際に液晶相を発現させる方法として、低温にしてネマティック相を出現させたが、配向補助材Lを形成する際に液晶相を発現させる方法は、上記方法に限るものではない。例えば、低温にせずとも、通常表示には用いない高電圧、すなわち上記表示素子20の駆動電圧よりも大きい電圧を印加することによって、強制的に液晶分子12を配向させ、液晶相を発現させてもよい。すなわち、液晶相を発現させるためには、例えば、温度を調整する(典型的には低温にする)か、あるいは電界等の外場を与えればよい。なお、液晶相を発現させるために与える外場は、表示時の環境と異なる環境とするものであることが好ましい。

[0291] また、本実施の形態では、上記表示素子20における基板1・2をガラス基板で構成したが、本発明はこれに限定されるものではない。また、本実施の形態では、上記表示素子20における基板13・14間の間隔(d、セル厚)を $1.3\mu\text{m}$ としたが、本発明はこれに限定されるものではなく、任意に設定すればよい。但し、低電圧駆動を念頭におくと、セル厚(d)は薄いほうが好ましいが、 $1\mu\text{m}$ 未満まで狭セル化することは製造上、困難となるので、上記セル厚(d)は製造プロセスとの兼ね合いで決定される。また、本実施の形態では、電極4・5をITOにて形成したが、本発明はこれに限定されるものではなく、少なくとも一方の電極が透明電極材料にて形成されていけばよい。

[0292] また、上記表示素子20においては、上記配向膜8・9として、ポリイミドからなる配向膜を用いたが、本発明はこれに限定されるものではなく、例えば、ポリアミック酸からなる配向膜を用いてもよい。あるいは、ポリビニルアルコール、シランカップリング剤、ポリビニルシンナメート等の材料(配向膜材料)からなる配向膜を用いてもよい。

[0293] なお、上記配向膜材料としてポリアミック酸やポリビニルアルコールを用いる場合には、上記電極4・5が形成された基板1・2上に上記配向膜材料を塗布して配向膜8・9を形成した後に、ラビング処理もしくは光照射処理等の配向処理を施せばよい。また、上記配向膜材料としてシランカップリング剤を用いる場合には、LB膜(Langmuir Blodgett Film)のように引き上げ法で作成すればよい。また、上記配向膜材料としてポリ

ビニルシンナメートを用いる場合には、上記電極4・5が形成された基板1・2上にポリビニルシンナメートを塗布した後、紫外線(UV)照射すればよい。

[0294] また、本実施の形態では、上記配向処理方向として、主に、上記配向膜8・9に施す配向処理方向A・Bが互いに逆平行になる場合を例に挙げて説明したが、本発明はこれに限定されるものではなく、例えば、両者の配向処理方向A・Bを平行かつ同じ方向(平行方向)としてもよく、あるいは、両者の配向処理方向が互いに異なる方向となるように配向処理してもよい。また、何れか一方にのみ配向処理を施してもよい。

[0295] 以上のように、本実施の形態にかかる表示素子は、例えば対向する一对の基板間に挟持された物質層に電界を印加するための電界印加手段が上記一对の基板の基板面法線方向に電界を発生させることで上記一对の基板間に電界が印加され、上記物質層が、ネマティック液晶相を示す液晶性媒質を含み、かつ、電界無印加時に光学等方性を示し、電界の印加により光学異方性を発現すると共に、上記ネマティック液晶相を示す液晶性媒質のネマティック相状態における、550nmでの屈折率異方性を $\Delta n$ とし、1kHzでの誘電率異方性の絶対値を $|\Delta \epsilon|$ とすると、 $\Delta n \times |\Delta \epsilon|$ が1.9以上であることで、電界印加時に、低い電圧で効率良く電界印加時の光学異方性を発現させることができると同時に、広温度範囲化が実現される。また、電界無印加時には光学等方性を示し、電界印加によって光学異方性を発現する媒質を用いて表示を行う表示素子は、本質的に高速応答特性および広視野角特性を有している。よって、本実施の形態によれば、応答速度が速く、駆動電圧が低く、かつ、広い温度範囲で駆動することができる表示素子を実現することができる。よって、上記の構成によれば、本質的に高速応答特性および広視野角特性を有する表示素子の実用化への道が大きく開けることとなる。

[0296] なお、本実施の形態において、上記表示素子は、上記両基板間、好適には上記一对の基板に対し、略垂直、より好適には垂直(つまり、基板面法線方向)に電界を発生させて上記物質層に電界を印加する電界印加手段を備えていることが好ましい。具体的には、上記表示素子において、上記両基板には、上記両基板間に電界を印加するための電極がそれぞれ形成されていることが好ましい。上記電極が、上記両

基板にそれぞれ形成されていることで、上記一对の基板の基板間、つまり、上記一对の基板の基板面法線方向に電界を発生させることができる。そして、このように上記電極が上記一对の基板の基板面法線方向に電界を発生させることで、電極面積部分を犠牲にするようなことがなく、基板上の全領域を表示領域とすることが可能であり、開口率の向上、透過率の向上、ひいては、駆動電圧の低電圧化を実現することができる。さらに上記の構成によれば、上記物質層における両基板との界面付近に限らず、両基板から離れた領域においても光学的異方性の発現を促進することができる。また、駆動電圧に関しても、櫛歯電極で電極間隔を狭ギャップ化する場合と比較して、狭ギャップ化が可能である。

[0297] また、本実施の形態において、上記物質層、つまり、上記したように、ネマティック液晶相を示す液晶性媒質を含み、かつ、電界無印加時に光学的等方性を示し、電界の印加により光学的異方性を発現する層としては、誘電性物質からなる誘電性物質層が好適に用いられる。

[0298] よって、本実施の形態にかかる表示素子は、例えば、対向する一对の基板と、上記一对の基板間に挟持された誘電性物質層と、上記誘電性物質層に電界を印加するための電界印加手段とを備えた表示素子であって、上記電界印加手段は、上記一对の基板の基板面法線方向に電界を発生させ、上記誘電性物質層は、ネマティック液晶相を示す液晶性媒質を含み、かつ、電界無印加時に光学的等方性を示し、電界の印加により光学的異方性を発現すると共に、上記ネマティック液晶相を示す液晶性媒質のネマティック相状態における、550nmでの屈折率異方性を $\Delta n$ とし、1kHzでの誘電率異方性の絶対値を $|\Delta \epsilon|$ とすると、 $\Delta n \times |\Delta \epsilon|$ が1.9以上である構成を有していることがより望ましい。

[0299] 上記何れの構成においても、上記液晶性媒質に、上記 $\Delta n \times |\Delta \epsilon|$ が1.9以上の液晶性媒質を使用すると、当該表示素子の駆動電圧として、上記物質層、例えば誘電性物質層に印加することができる最大限の電圧値の実効値を、製造上可能なセル厚(つまり、物質層(誘電性物質層)の厚み)で達成することができる。

[0300] 特に、上記 $\Delta n \times |\Delta \epsilon|$ が4.0以上であると、電界印加時に、より一層低い電圧で効果的に光学的異方性を発現させることができる。上記 $\Delta n \times |\Delta \epsilon|$ を4.0以上とす

ることで、従来のTFT素子、汎用のドライバを用いて駆動できる電圧にて、ドライバ等  
のコストアップなく実用化することが可能となる。

- [0301] よって、上記の各構成によれば、応答速度が速く、駆動電圧が低く、かつ、広い温度範囲で駆動することができる表示素子を実現することができる。よって、上記の各構成によれば、本質的に高速応答特性および広視野角特性を有する表示素子の実用化への道が大きく開けることになる。
- [0302] また、上記  $\Delta n$  は0.14以上であり、かつ、上記  $|\Delta \epsilon|$  は14以上であることが好ましい。また、上記  $\Delta n$  は0.2以上であり、かつ、上記  $|\Delta \epsilon|$  は20以上であることがさらに好ましい。
- [0303] 上記の各構成によれば、 $\Delta n$  または  $\Delta \epsilon$  の何れか一方のみを極端に大きくすることなく低電圧駆動を実現することができ、液晶材料開発指針としての自由度を大きくすることができる。
- [0304] また、上記  $\Delta \epsilon$  (上記液晶性媒質の誘電率異方性) は負であることが好ましい。すなわち、上記液晶性媒質は、その分子長軸方向の誘電率が分子短軸方向の誘電率よりも小さい(分子長軸方向の誘電率<分子短軸方向の誘電率)ことが好ましい。
- [0305] このような液晶性媒質に電界を印加すると、個々の分子は、基板面内方向(基板面に平行な方向)を向こうとして配向状態が変化し、光学変調を誘起させることができる。このため、上記したように上記  $\Delta \epsilon$  が負の液晶性媒質を用いると、櫛歯状電極で基板面内電界を発生させる構成と異なり、電界印加時に光学的異方性の発現を、開口率のロスなく、より効率的に光学的異方性を発現させることが可能になる。
- [0306] また、上記液晶表示素子は、上記一对の基板間に、上記電界の印加による光学的異方性の発現を促進するための配向補助材が設けられていることが好ましい。
- [0307] 前記したように、電界無印加時には光学的等方性を示し、電界印加によって光学的異方性を発現する物質(例えば誘電性物質)、特に、電界印加によって分子の配向方向が変化することで光学的異方性を発現する物質(例えば誘電性物質)を用いて表示を行う表示素子は、高速応答特性および広視野角特性を示す一方で、従来、駆動電圧が非常に高いという問題があった。
- [0308] これに対し、上記の構成によれば、上記一对の基板間に上記配向補助材が設けら



れていることで、電界の印加により、上記物質(例えば誘電性物質)中における分子の配向状態の変化を促進させることができ、電界印加時により効率良く光学的異方性を発現させることができる。従って、上記の構成によれば、低電圧で光学的異方性を発現させることが可能となるので、実用レベルの駆動電圧で動作可能であり、高速応答特性および広視野角特性を備えた表示素子を実現することができる。

- [0309] 上記配向補助材は、上記物質(誘電性物質)層内に形成されていてもよい。この場合、上記配向補助材は、構造的異方性を有していることが好ましい。また、上記配向補助材は、上記物質層中の液晶性媒質が液晶相を呈している状態で形成されたものであることが好ましい。また、上記配向補助材は、重合性化合物からなるものであってもよく、高分子化合物からなるものであってもよい。また、上記配向補助材は、鎖状高分子化合物、網目状高分子化合物、および環状高分子化合物からなる群より選ばれる少なくとも一種の高分子化合物からなるものであっても、水素結合体からなるものであっても、多孔質材料からなるものであってもよい。
- [0310] 上記の各構成は、上記電界の印加による光学的異方性の発現を促進するための配向補助材として好適である。
- [0311] 上記配向補助材は、上記物質(誘電性物質)層内に形成されていることで、上記物質(誘電性物質)内にて上記液晶性媒質の分子配向を促すことができる。このため、高い電圧を印加しなくても、バルクの内部にまで十分にその配向規制力が及び、1軸配向を実現することができる。
- [0312] 特に、上記配向補助材が、構造的異方性を有すること、例えば、重合性化合物を重合することによって得られる、鎖状高分子化合物、網目状高分子化合物、環状高分子化合物等の高分子化合物や水素結合体、多孔質材料等からなることで、上記物質層を構成する物質中における分子の配向方向の変化を、上記配向補助材との分子間相互作用によって促進させることができる。すなわち、上記の構成によれば、上記物質層を構成する物質中における各分子を、上記配向補助材を構成する各物質(材料)との分子間相互作用によって、上記配向補助材を構成する各物質(材料)が有する構造的異方性によって規制される方向に沿って容易に配向させることができる。

- [0313] また、上記配向補助材が、上記した各物質(材料)からなることで、上記配向補助材は、上記物質層内のあらゆる領域に存在する。すなわち、上記配向補助材は、上記物質層内の全域あるいはほぼ全域に渡って形成することができる。よって、上記配向補助材は、配向規制力に優れ、物質層内のあらゆる領域における液晶性媒質の分子の配向秩序を上昇させることができる。従って、上記の構成によれば、大きな光学応答を得ることができ、より一層低電圧で最大透過率を得ることができる。
- [0314] また、特に、上記配向補助材が、上記物質層中の液晶性媒質が液晶相を呈している状態で形成されてなることで、得られた配向補助材は、上記液晶性媒質が液晶相、すなわちネマティック液晶相を示す状態における、上記液晶性媒質を構成する分子の配向方向に沿う部分の割合が大きくなる。従って、上記配向補助材によって、電界印加時に、上記液晶性媒質を構成する分子が、上記液晶相状態における配向方向と同様の方向に配向するように、分子の配向を促進させることができる。従って、電界印加時における光学的異方性の発現を、確実に促進させることができる。
- [0315] また、特に、上記配向補助材として多孔質材料を使用する場合、上記物質層を挟持する上記基板界面のみに配向処理を施した上で上記多孔質材料からなる多孔質材料層を形成させると、上記基板界面の異方性に応じて自己組織的に上記多孔質材料層(配向補助材)を異方性成長させることが可能となる。従って上記多孔質材料を用いる場合は、配向補助材を必ずしも上記液晶性媒質が液晶相を呈している状態で形成させる必要がなく、製造プロセスの簡略化が実現できる。
- [0316] また、上記配向補助材は、上記物質層中の液晶性媒質を小領域に分割するもの(材料)であることが好ましい。特に、上記小領域の大きさが可視光波長以下であることが好ましい。
- [0317] 上記の構成によれば、液晶性媒質が小領域、好適には可視光波長以下のマイクロな小領域に閉じ込められているので、液晶性媒質が等方相温度領域において、電界印加時の電気光学効果(例えばカー効果)を広い温度範囲で発現させることができる。そしてこの小領域のサイズが可視光波長以下であると、上記配向補助材、つまり上記液晶性媒質を小領域に分割せしめている材料と液晶性媒質との屈折率の不一致による光散乱を抑え込むことが可能となつて、高コントラストな表示素子を達成するこ

とができる。

[0318] また、上記配向補助材は、上記一对の基板のうち少なくとも一方の基板に設けられた水平配向膜であってもよく、上記水平配向膜にはラビング処理または光照射処理が施されていてもよい。すなわち、上記配向補助材は、ラビング処理または光照射処理が施された水平配向膜であってもよい。また、上記光照射処理は偏光光照射処理であってもよい。

[0319] 上記の構成によれば、上記水平配向膜を配向補助材として用いることで、上記物質層における上記水平配向膜との界面付近における分子の配向方向を基板面内方向に規定することができる。このため、上記の構成によれば、上記液晶性媒質に液晶相、すなわちネマティック液晶相を発現させた状態において、上記液晶性媒質を構成する分子(液晶分子)を、基板面内方向に配向させることができる。従って、上記配向補助材を、上記基板面内方向に沿う部分の割合が大きくなるように形成することができる。これにより、上記配向補助材によって、上記液晶性媒質を構成する液晶分子が電界印加時に上記基板面内方向に配向するように、上記分子の配向を促進させることができる。従って、電界印加時における光学的異方性の発現を、確実かつ効率良く促進させることができる。特に、水平配向膜は、上記  $\Delta \epsilon$  (誘電率異方性) が負の液晶性媒質を用いて、該液晶性媒質を構成する液晶分子を、電界印加時に、基板面内方向に配向させるという本発明の目的に好適で、垂直配向膜を用いた場合と異なり、電界印加時に基板面内に効率良く上記液晶分子を配向させることが可能であり、より効果的に光学的異方性を発現させることができる。

[0320] また、上記配向補助材として上記水平配向膜にラビング処理または光照射処理を施したものを使用すると、電界印加時に液晶分子の配向方向を一方向に揃えることが可能となるので、電界印加時に、より一層効果的に光学的異方性を発現させることができる。効果的に光学的異方性を発現させることができれば、より低い電圧で駆動可能な表示素子を実現することができる。

[0321] 上記水平配向膜は、上記一对の基板の各々に設けられていると共に、上記ラビング処理または光照射処理における、ラビング方向または光照射方向が、互いに平行、反平行、または直交するように配されていることがより好ましい。

- [0322] 上記の構成によれば、従来のネマティック液晶モードと同様に、電界印加時の光の利用効率が高まるので透過率が向上し、ひいては低電圧駆動が可能となると共に、上記物質層の上記水平配向膜との界面付近における、上記分子の配向方向を所望の方向に確実に規定することができる。そして、特に、この場合、上記ラビング方向または光照射方向が互いに異なるように上記ラビング処理または光照射処理が施されていること、例えば、上記ラビング方向または光照射方向が互いに直交するように上記水平配向膜が配されていることで、電界印加時に、上記液晶性媒質を構成する分子を、捩れ構造をなすように配向させることができる。すなわち、上記分子の長軸方向が、基板面に平行な方向を向くと共に、一方の基板側から他方の基板側にかけて、基板面平行方向に順次捩れるように配向する、捩れ構造となるように、上記分子を配向させることができる。これにより、上記液晶性媒質の波長分散による色付き現象を緩和することができる。
- [0323] 電気光学特性(例えば、電圧－透過率特性)には、上記  $\Delta n$  に加えて上記物質層(例えば誘電性物質層)の厚み  $d$  もファクターとして寄与する。つまり、位相差(リターデーション)は、上記  $\Delta n \times d$  で決定され、これが透過率に対応する。
- [0324] よって、上記表示素子で上記ラビング方向または光照射方向が、互いに平行または反平行の場合は、上記物質層の厚みを  $d$  ( $\mu m$ )、入射光の波長を  $\lambda$  (nm) とすると、 $\lambda/4 \leq \Delta n \times d \leq 3\lambda/4$  を満足することが望ましい。また、上記表示素子で上記ラビング方向または光照射方向が、互いに直交する場合は、上記物質層の厚みを  $d$  ( $\mu m$ ) とすると、 $350(nm) \leq \Delta n \times d \leq 650(nm)$  を満足することが望ましい。
- [0325] ラビング方向または光照射方向が、互いに平行または反平行の場合は、半波長条件( $\lambda/2$ )を中心とした、 $\lambda/4 \leq \Delta n \times d \leq 3\lambda/4$  の範囲で半波長条件を満足し、光の利用効率が最大となる(つまり、透過率が最大になる)。また、ラビング方向または光照射方向が、互いに直交する場合は、 $350(nm) \leq \Delta n \times d \leq 650(nm)$  の範囲で、光の利用効率が最大となる。よって、本発明にかかる表示素子は、前記した条件に加えて上記条件を満足することで、前記した効果に加えて、光の利用効率を向上させることができる。
- [0326] また、上記物質層には、さらに微粒子が封入されていることが好ましい。すなわち、

上記物質層中には、微粒子を含有する媒質が封入されていることが好ましい。

- [0327] 上記物質層がさらに微粒子を含むこと、つまり、上記物質層中の媒質に微粒子が添加されていることで、電界無印加時における上記媒質の配向状態(配向秩序)を安定化させることができる。
- [0328] また、上記物質層には、電界の2次に比例して屈折率が変化する媒質が封入されていることが好ましい。
- [0329] 電界の2次に比例して発現する屈折率の変化は、応答速度が速いという利点を有している。このように電界の2次に比例して屈折率が変化する媒質を備えた物質層は、電界の印加によって分子の配向方向が変化し、1つの分子内での電子の偏りを制御することにより、ランダムに配列した個々の分子が各々別個に回転して向きを変えることから、上記したように応答速度が非常に速いのみならず、分子が無秩序に配列していることから、視角制限がない。よって、上記の構成によれば、高速応答性および広視野角特性により優れた表示素子を実現することができる。
- [0330] また、上記物質層には、有極性分子を含有する媒質が封入されていてもよい。
- [0331] 上記の構成によれば、電界印加によって上記有極性分子の分極が発現し、上記有極性分子の配向をさらに促進することができるのでより低い電圧で光学的異方性を発現させることができる。このとき、上記一对の基板間に上記配向補助材が形成されていることで、上記配向補助材によって上記有極性分子の配向をさらに促進することができ、より低い電圧で光学的異方性を発現させることができ、駆動電圧の低電圧化が実現される。
- [0332] また、上記物質層は、一方向の掌性のみの捩れ構造をなしていてもよい。また、上記物質層には、カイラル性を示す媒質が封入されていてもよい。
- [0333] 上記の各構成によれば、上記物質層に含まれる媒質における分子の配向方向を、一方向の掌性、すなわち、右捩れあるいは左捩れの何れか一方のみの捩れ構造とすることができる。特に、上記物質層にカイラル性を示す媒質が封入されていることで、上記分子の配向方向を、確実に、一方向の掌性のみの捩れ構造とすることができる。よって、上記の各構成によれば、上記媒質を構成する分子を、左捩れもしくは右捩れの何れかの捩れ構造のみとすることができる。このため、左捩れと右捩れの双方

の捩れ構造からなるマルチドメインが存在する場合のようにドメイン境界で透過率が低下してしまうといった問題が解消され、透過率が向上する。また各捩れ構造は、互いの方位に相関が無くても、一定の旋光性を有する。このため、上記の構成によれば、物質層全体として、大きな旋光性を発現することができる。これにより、低い電圧で最大透過率を得ることができ、駆動電圧を実用レベルまで低減することができる。

[0334] さらに、上記物質層にカイラル性を示す媒質(カイラル剤)が封入されている場合、上記カイラル性を示す媒質のカイラルピッチ(自発的捩れ長)程度の分子間相互作用を等方相液晶性媒質中に作用させることができ、低電圧化に寄与するだけでなく、より広い温度範囲で電界印加時の光学的異方性を発現させることができる。

[0335] また、上記液晶性媒質は、400nm以下の選択反射波長域または螺旋ピッチを有するものであってもよい。

[0336] 上記液晶性媒質の螺旋ピッチが400nmよりも大きい場合、その螺旋ピッチを反映した色に呈色してしまう場合がある。このような螺旋ピッチを反映した波長の光を選択的に反射にする現象は選択反射と呼ばれる。そこで、上記液晶性媒質の選択反射波長域または螺旋ピッチを、400nm以下とすることにより、このような呈色を防止することができる。

[0337] また、以上のように、本発明の表示装置は、上記した本発明にかかる表示素子を備えてなる。それゆえ、本発明によれば、応答速度が速く、駆動電圧が低く、かつ、広い温度範囲で駆動することができる表示装置を実現することができる。

[0338] 本発明は上述した実施の形態に限定されるものではなく、請求項に示した範囲で種々の変更が可能である。すなわち、請求項に示した範囲で適宜変更した技術的手段を組み合わせて得られる実施の形態についても本発明の技術的範囲に含まれる。

[0339] また、発明の詳細な説明の項においてなされた具体的な実施態様または実施例は、あくまでも、本発明の技術内容を明らかにするものであって、そのような具体例にのみ限定して狭義に解釈されるべきものではなく、本発明の精神と次に記載する特許請求事項との範囲内で、種々変更して実施することができるものである。

#### 産業上の利用の可能性

[0340] 本発明の表示装置は、テレビやモニタ等の画像表示装置や、ワープロやパーソナ

ルコンピュータ等のOA機器、あるいは、ビデオカメラ、デジタルカメラ、携帯電話等の情報端末等に備えられる画像表示装置に、広く適用することができる。

## 請求の範囲

- [1] 対向する一对の基板と、上記一对の基板間に挟持された物質層とを備え、上記一对の基板間に電界を印加することによって表示を行う表示素子であって、  
上記物質層は、ネマティック液晶相を示す液晶性媒質を含み、かつ、電界無印加時に光学的等方性を示し、電界の印加により光学的異方性を発現すると共に、  
上記ネマティック液晶相を示す液晶性媒質のネマティック相状態における、550nmでの屈折率異方性を $\Delta n$ とし、1kHzでの誘電率異方性の絶対値を $|\Delta \epsilon|$ とすると、  
 $\Delta n \times |\Delta \epsilon|$ が1.9以上であることを特徴とする表示素子。
- [2] 上記 $\Delta n$ が0.14以上であり、かつ、上記 $|\Delta \epsilon|$ が14以上であることを特徴とする請求項1記載の表示素子。
- [3] 上記 $\Delta n \times |\Delta \epsilon|$ が4.0以上であることを特徴とする請求項1記載の表示素子。
- [4] 上記 $\Delta n$ が0.2以上であり、かつ、上記 $|\Delta \epsilon|$ が20以上であることを特徴とする請求項3記載の表示素子。
- [5] 上記 $\Delta \epsilon$ が負であることを特徴とする請求項1記載の表示素子。
- [6] 上記一对の基板間に、上記電界の印加による光学的異方性の発現を促進するための配向補助材が設けられていることを特徴とする請求項1～5の何れか1項に記載の表示素子。
- [7] 上記配向補助材は、上記物質層内に形成されていることを特徴とする請求項6記載の表示素子。
- [8] 上記配向補助材は、構造的異方性を有することを特徴とする請求項7記載の表示素子。
- [9] 上記配向補助材は、上記物質層中の液晶性媒質が液晶相を呈している状態で形成されたものであることを特徴とする請求項7記載の表示素子。
- [10] 上記配向補助材は、重合性化合物からなることを特徴とする請求項7記載の表示素子。
- [11] 上記配向補助材は、高分子化合物からなることを特徴とする請求項7記載の表示素子。
- [12] 上記配向補助材は、鎖状高分子化合物、網目状高分子化合物、および環状高分

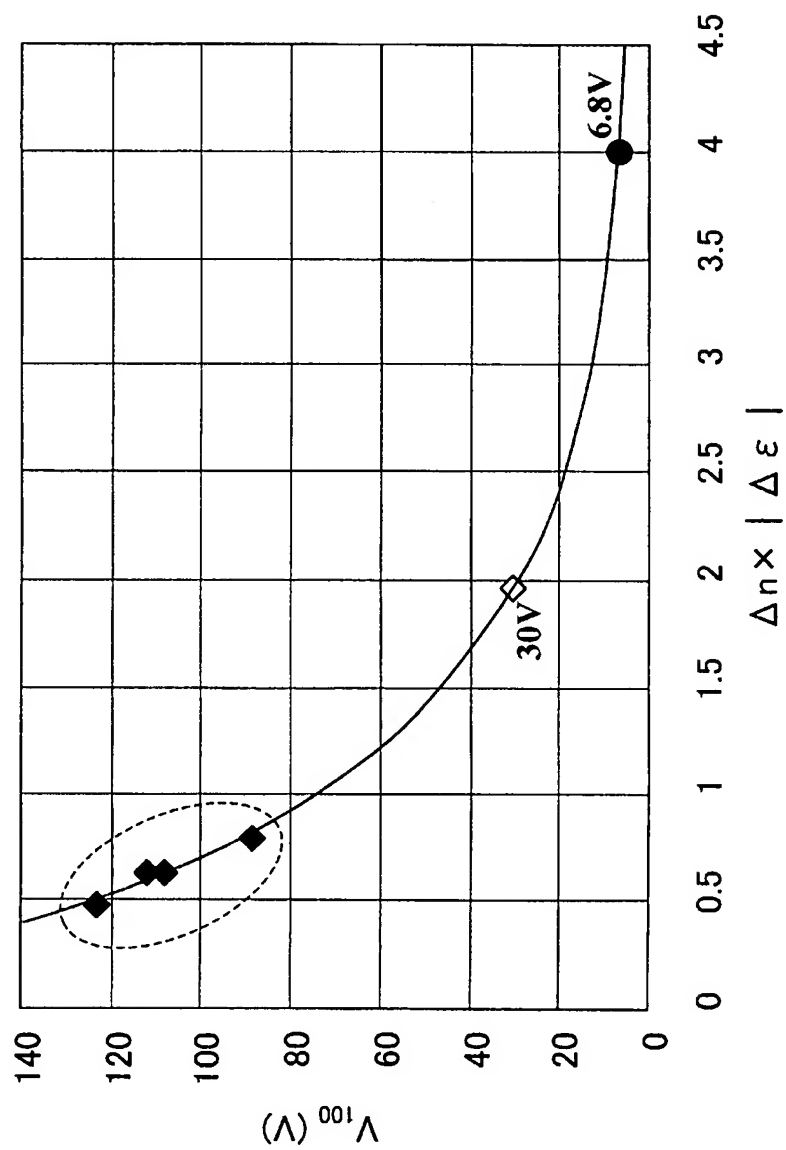


子化合物からなる群より選ばれる少なくとも一種の高分子化合物からなることを特徴とする請求項11記載の表示素子。

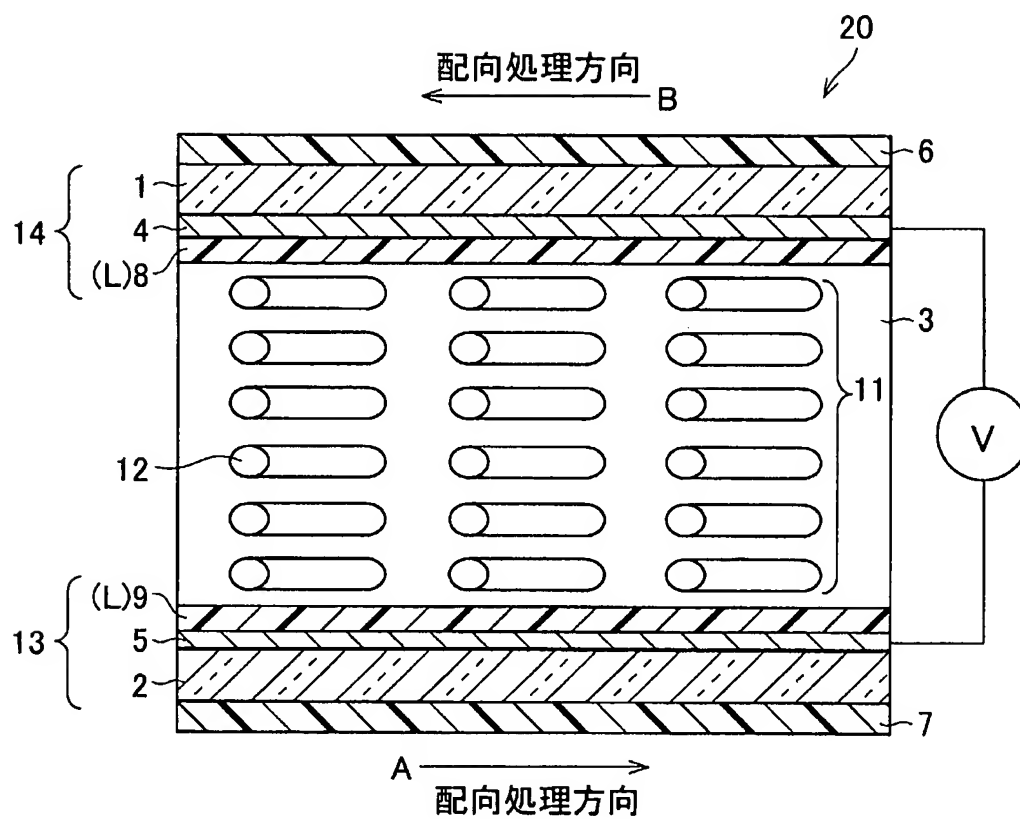
- [13] 上記配向補助材は、水素結合体からなることを特徴とする請求項7記載の表示素子。
- [14] 上記配向補助材は、多孔質材料からなることを特徴とする請求項7記載の表示素子。
- [15] 上記配向補助材は、上記物質層中の液晶性媒質を小領域に分割することを特徴とする請求項7記載の表示素子。
- [16] 上記小領域の大きさが可視光波長以下であることを特徴とする請求項15記載の表示素子。
- [17] 上記配向補助材は、上記一对の基板のうち少なくとも一方の基板に設けられた水平配向膜であることを特徴とする請求項7記載の表示素子。
- [18] 上記水平配向膜にはラビング処理または光照射処理が施されていることを特徴とする請求項17に記載の表示素子。
- [19] 上記水平配向膜は、上記一对の基板の各々に設けられていると共に、上記ラビング処理または光照射処理における、ラビング方向または光照射方向が、互いに平行または反平行となるように配されていることを特徴とする請求項18記載の表示素子。
- [20] 上記物質層の厚みを $d(\mu\text{m})$ 、入射光の波長を $\lambda(\text{nm})$ とすると、 $\lambda/4 \leq \Delta n \times d \leq 3\lambda/4$ を満足することを特徴とする請求項19記載の表示素子。
- [21] 上記水平配向膜は、上記一对の基板の各々に設けられていると共に、上記ラビング処理または光照射処理における、ラビング方向または光照射方向が、互いに直交するように配されていることを特徴とする請求項18記載の表示素子。
- [22] 上記物質層の厚みを $d(\mu\text{m})$ とすると、 $350(\text{nm}) \leq \Delta n \times d \leq 650(\text{nm})$ を満足することを特徴とする請求項21記載の表示素子。
- [23] 上記物質層に、さらに微粒子が封入されていることを特徴とする請求項1～5の何れか1項に記載の表示素子。
- [24] 上記物質層に、電界の2次に比例して屈折率が変化する媒質が封入されていることを特徴とする請求項1～23の何れか1項に記載の表示素子。

- [25] 上記物質層に、有極性分子を含有する媒質が封入されていることを特徴とする請求項1～24の何れか1項に記載の表示素子。
- [26] 上記物質層は、一方向の掌性のみの振れ構造をなすことを特徴とする請求項1～25の何れか1項に記載の表示素子。
- [27] 上記物質層に、カイラル性を示す媒質が封入されていることを特徴とする請求項1～26の何れか1項に記載の表示素子。
- [28] 上記液晶性媒質は、400nm以下の選択反射波長域または螺旋ピッチを有することを特徴とする請求項1～27の何れか1項に記載の表示素子。
- [29] 上記物質層は、誘電性物質からなる誘電性物質層であることを特徴とする請求項1～28の何れか1項に記載の表示素子。
- [30] 上記一対の基板の基板面法線方向に電界を発生させて上記物質層に電界を印加する電界印加手段を備えていることを特徴とする請求項1～29の何れか1項に記載の表示素子。
- [31] 請求項1～30の何れか1項に記載の表示素子を備えていることを特徴とする表示装置。

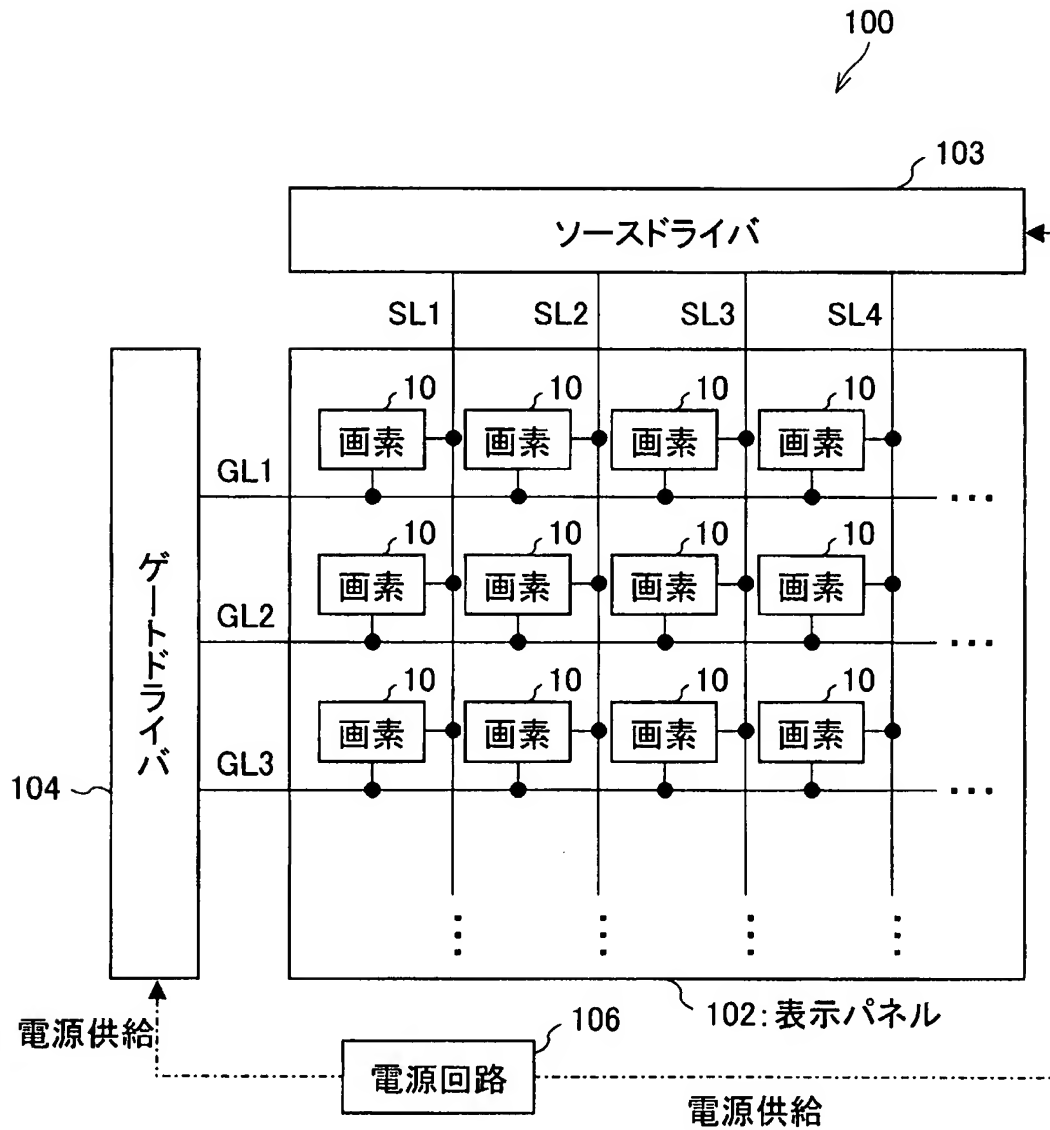
[図1]



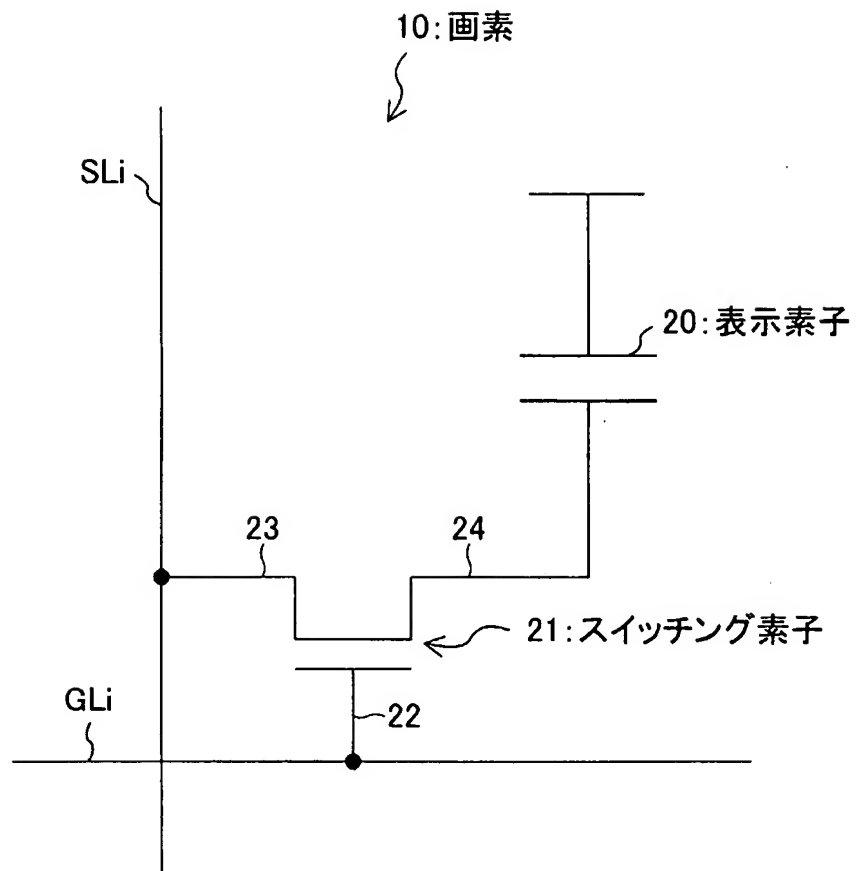
[図2]



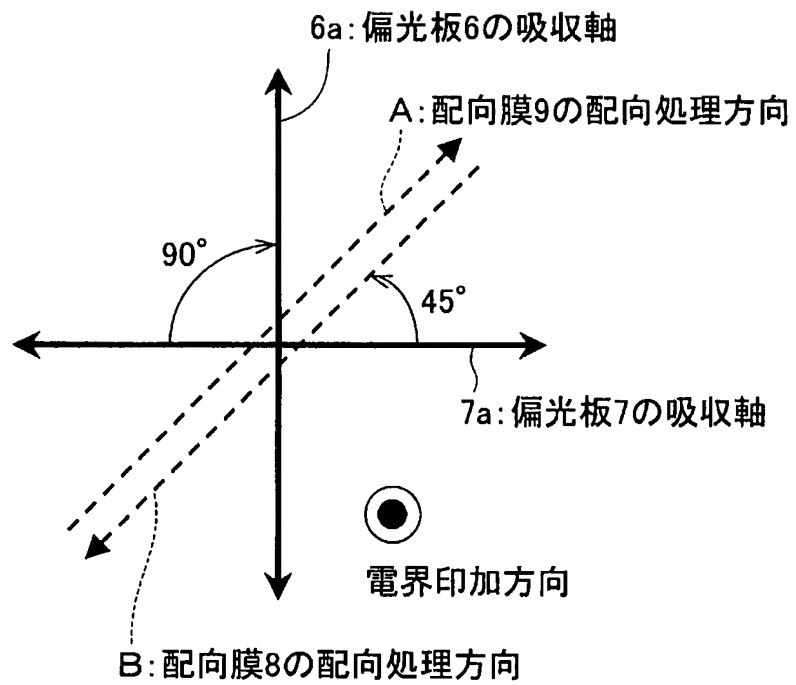
[図3]



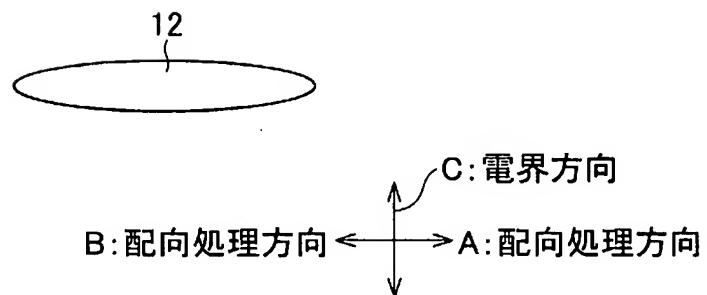
[図4]



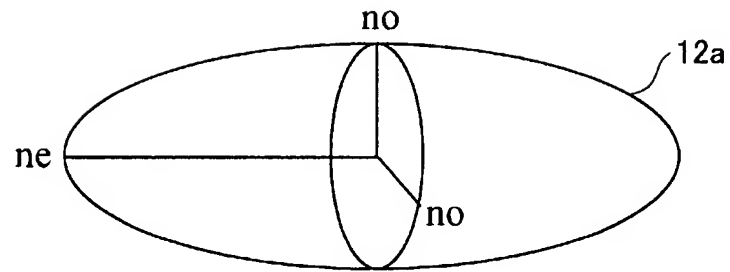
[図5]



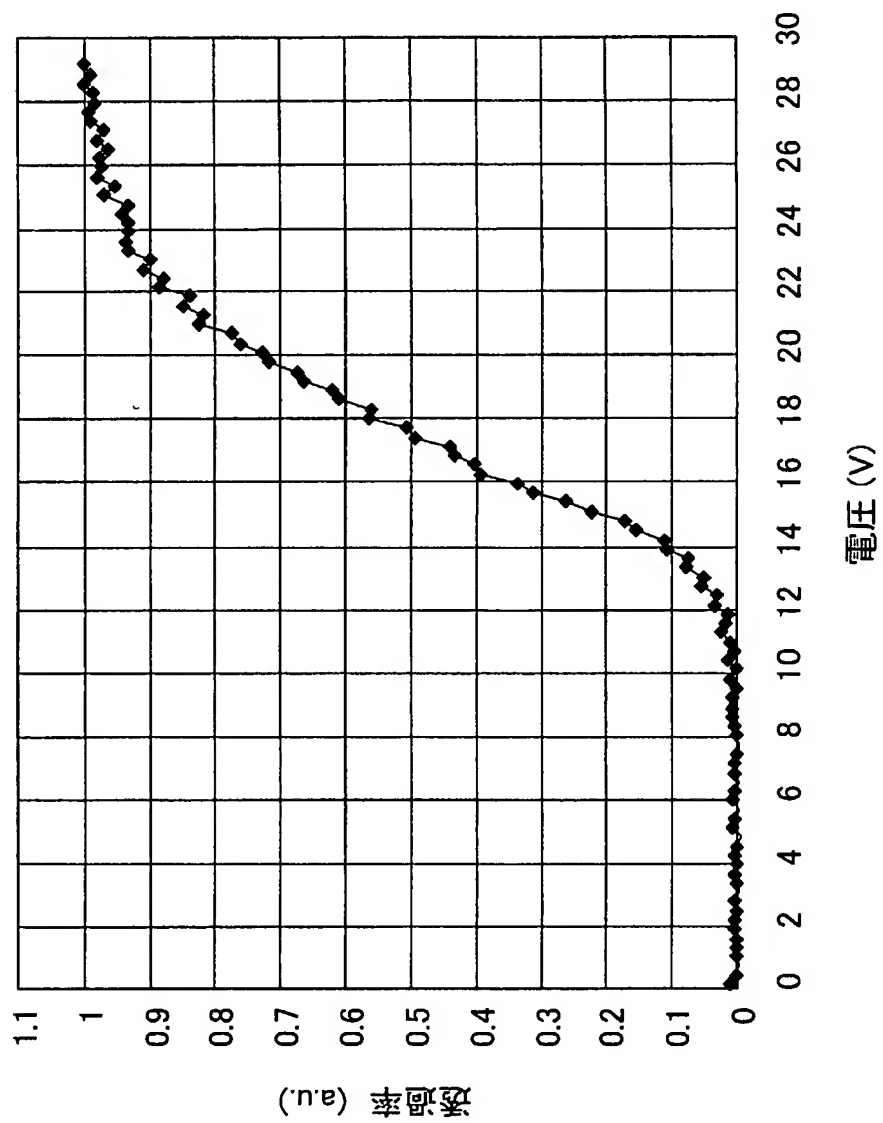
[図6(a)]



[図6(b)]

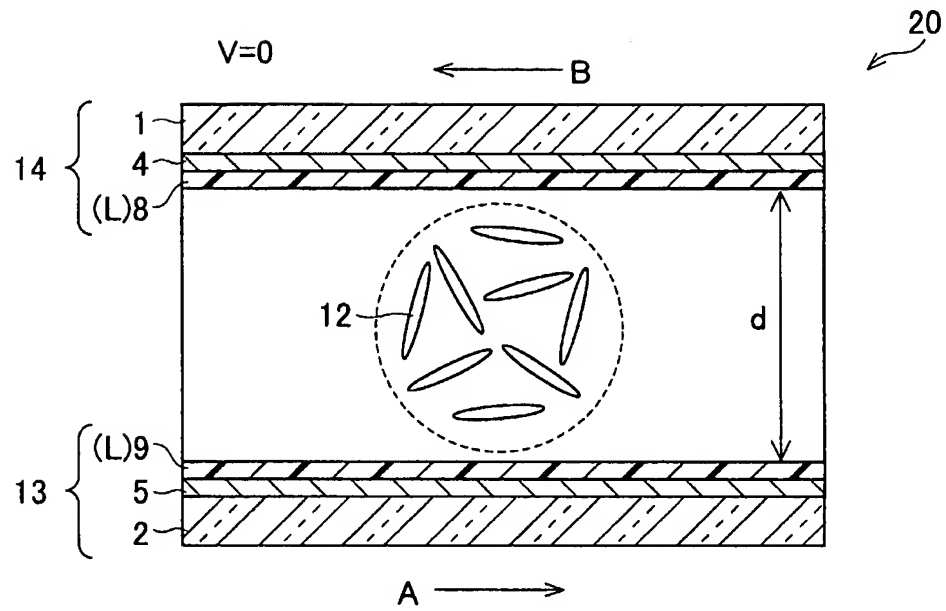


[図7]

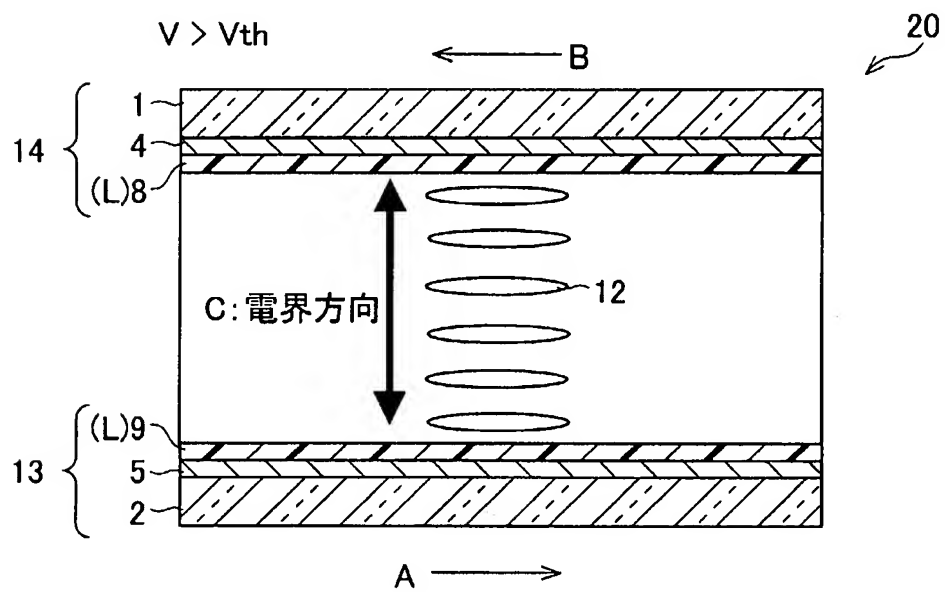




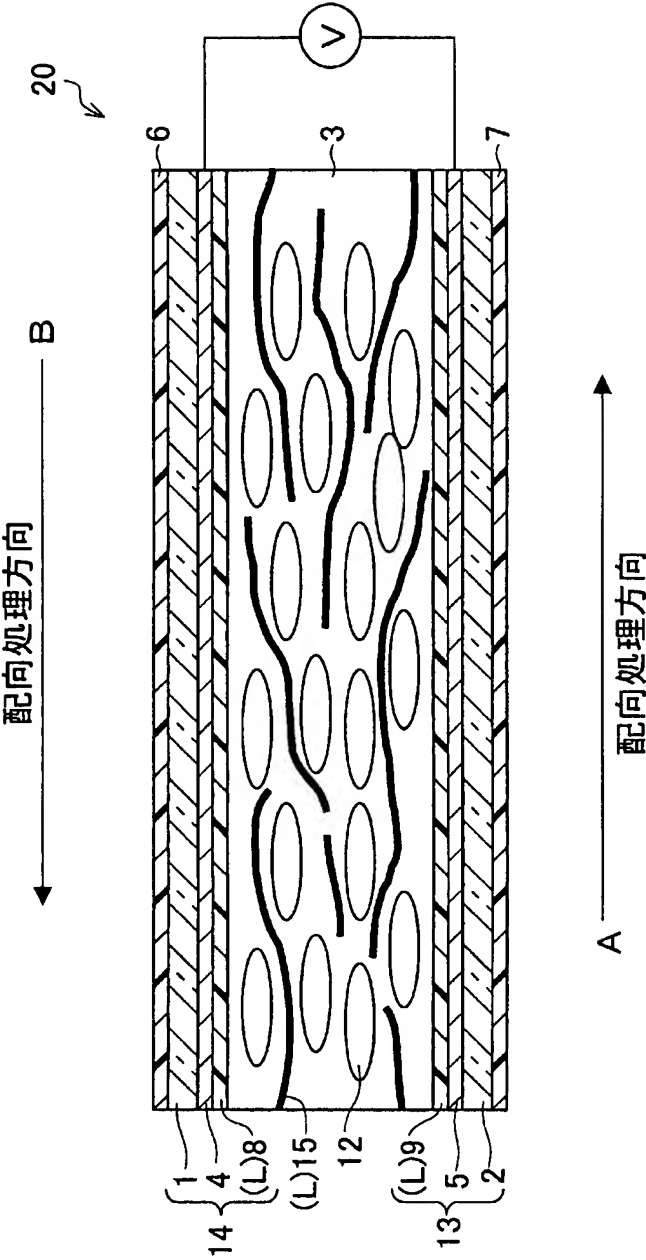
[図8(a)]



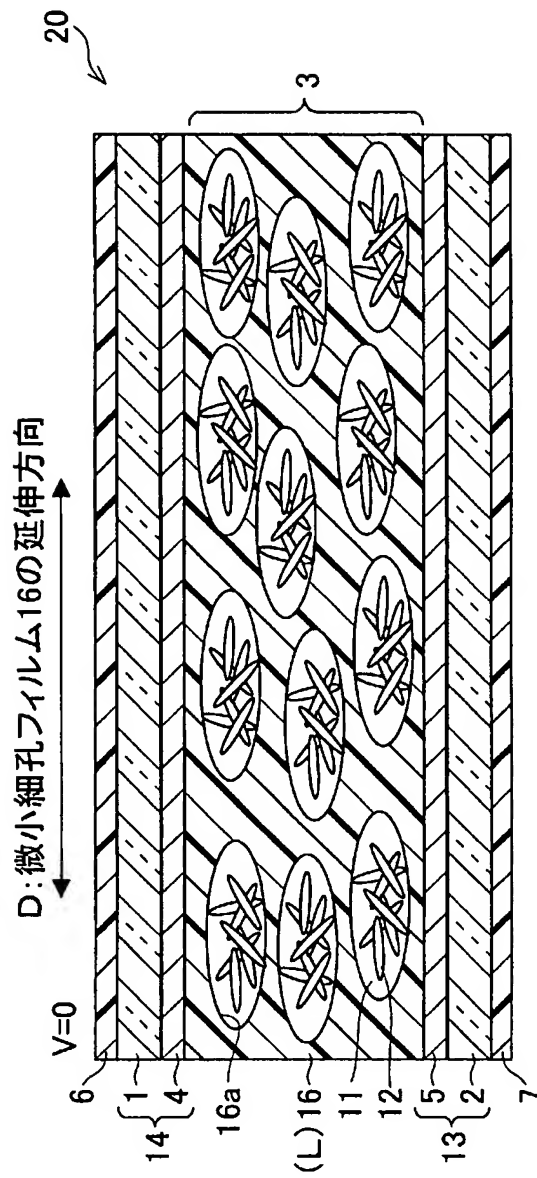
[図8(b)]



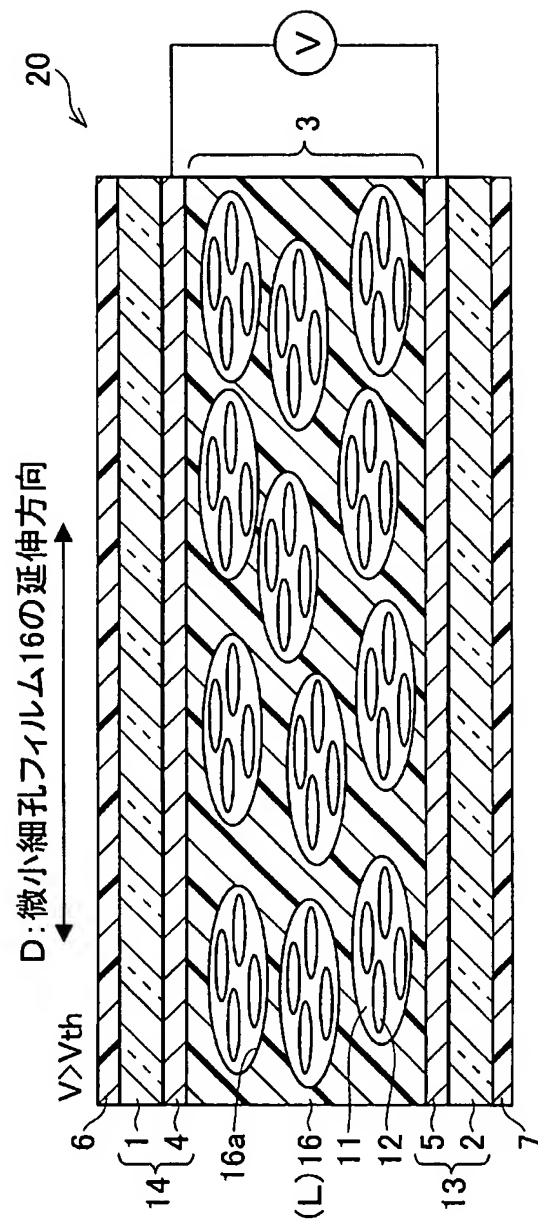
[図9]

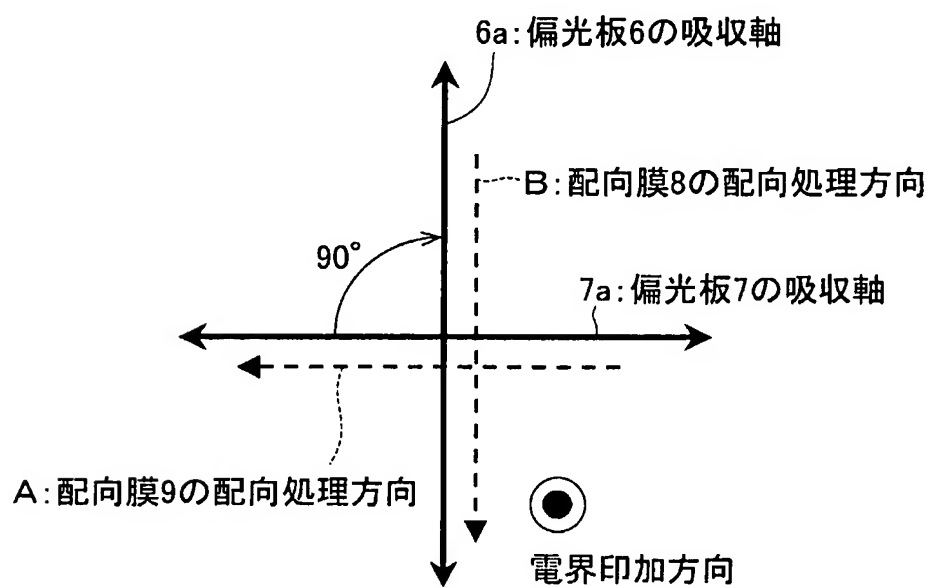
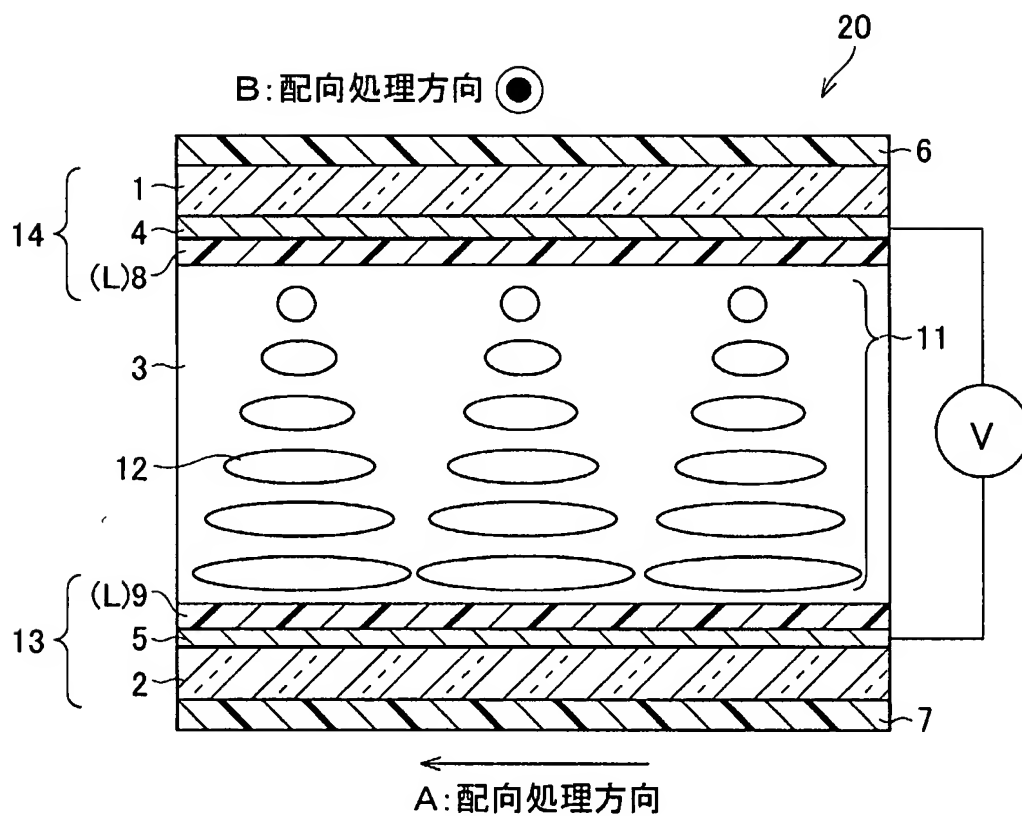


[図10(a)]

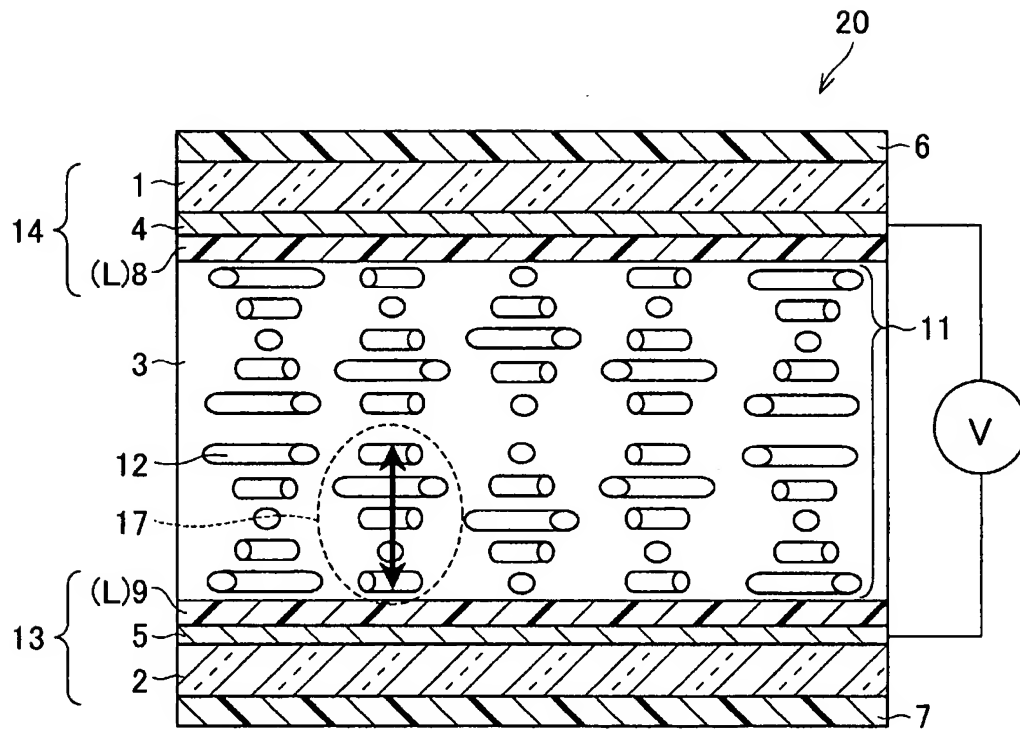


[図10(b)]

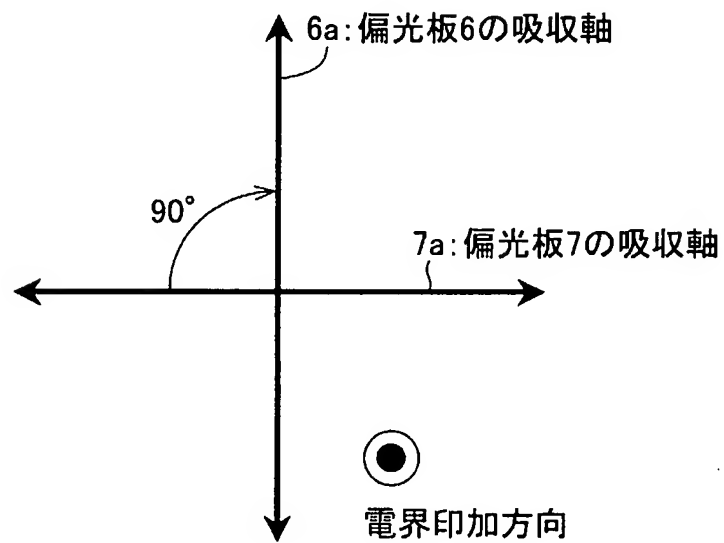




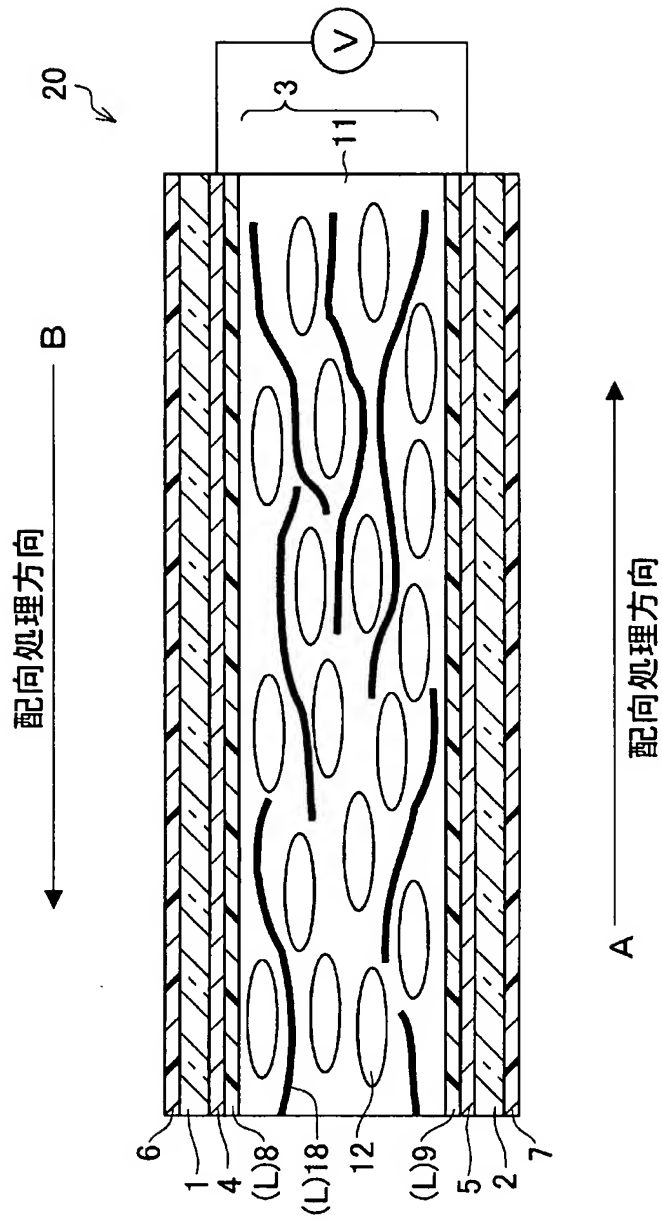
[図13]



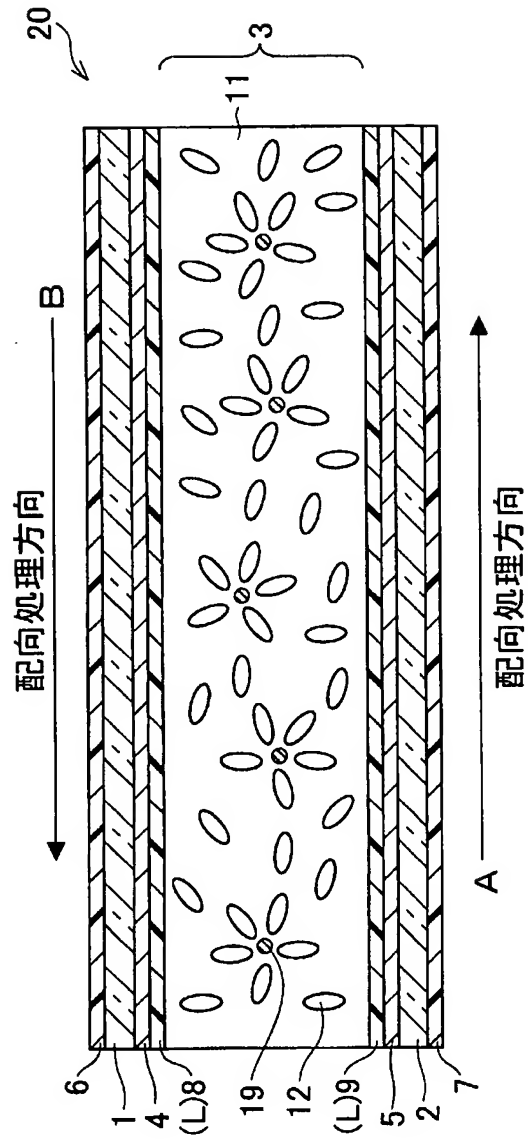
[図14]



[図15]



[図16(a)]







## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2005/015315

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G02F1/139 (2006.01), G02F1/1334 (2006.01), G02F1/1337 (2006.01),  
C09K19/02 (2006.01)

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

G02F1/139 (2006.01), G02F1/1334 (2006.01), G02F1/1337 (2006.01),  
C09K19/02 (2006.01)

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2005
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2005	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2005

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X Y A	JP 7-234399 A (Dainippon Ink And Chemicals, Inc.), 05 September, 1995 (05.09.95), Par. Nos. [0030] to [0051] (Family: none)	1-4, 6-16, 23 17-22, 24-31 5
Y	JP 8-122792 A (International Business Machines Corp.), 17 May, 1996 (17.05.96), Full text & US 5764326 A1 & EP 708354 A1	17-22, 24-31
A	JP 2-209872 A (Chisso Corp.), 21 August, 1990 (21.08.90), Full text & EP 382546 A2	5

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

\* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search  
14 November, 2005 (14.11.05)

Date of mailing of the international search report  
29 November, 2005 (29.11.05)

Name and mailing address of the ISA/  
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

## A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl. G02F1/139 (2006.01), G02F1/1334 (2006.01), G02F1/1337 (2006.01), C09K19/02 (2006.01)

## B. 調査を行った分野

## 調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl. G02F1/139 (2006.01), G02F1/1334 (2006.01), G02F1/1337 (2006.01), C09K19/02 (2006.01)

## 最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1922-1996年
日本国公開実用新案公報	1971-2005年
日本国実用新案登録公報	1996-2005年
日本国登録実用新案公報	1994-2005年

## 国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

## C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
X	J P 7-234399 A (大日本インキ化学工業株式会社)	1-4, 6-16, 23
Y	1995.09.05, 第30-51段落 (ファミリーなし)	17-22, 24-31
A		5
Y	J P 8-122792 A (インターナショナル・ビジネス・マ シーンズ・コーポレーション) 1996.05.17, 文献全体 & US 5764326 A1 & EP 708354 A1	17-22, 24-31
A	J P 2-209872 A (チッソ株式会社) 1990.08.21, 文献全体 & EP 382546 A2	5

☐ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

## \* 引用文献のカテゴリー

「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの

「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの

「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)

「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献

「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの

「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの

「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの

「&amp;」 同一パテントファミリー文献

## 国際調査を完了した日

14.11.2005

## 国際調査報告の発送日

29.11.2005

## 国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/J P)

郵便番号100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

## 特許庁審査官 (権限のある職員)

右田 昌士

電話番号 03-3581-1101 内線 3255

2 L

9513